Centro de Pesquisas Renato Archer
Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica do CNPq
– PIBIC/CNPq –

Anais da IV Jornada de Iniciação Científica do Centro de Pesquisas Renato Archer

ISSN 1678-930-X

Dezembro de 2002
Campinas - São Paulo

Diretor
Prof. Dr. Carlos Ignacio Zamitti Mammana

Coordenador-Geral de Tecnologias da Informação (Coordenador PIBIC)
Dr. Carlos Alberto dos Santos Passos

Coordenador-Geral de Aplicações de Informática
MSc Romildo Monte

Comissão Interna de Seleção e Acompanhamento
Dr. Carlos Alberto dos Santos Passos
Dr. Oscar Salviano Silva Filho
MSc Rosana Beatriz Baptista Haddad

Comitê Externo de Avaliação e Acompanhamento
Prof. Dr. Secundino Soares Filho – FEEC/Unicamp
Prof. Dr. Paulo Morelato França – FEEC/Unicamp
Prof. Dr. Paulo Augusto Valente Ferreira – FEEC/Unicamp
Prof. Dr. Vinícius Amaral Armentano – FEEC/Unicamp

Editores
Dr. Carlos Alberto dos Santos Passos
Dr. Oscar Salviano Silva Filho
MSc Rosana Beatriz Baptista Haddad

Arte Final
Roberto de Oliveira

Secretária
Maria de Fátima Marrara Zamarion

Editado no CenPRA – Dezembro de 2002

Comunicações e Gabinete
Mônica Aparecida Martinicos de Abreu Berton

PREFÁCIO

A Jornada de Iniciação Científica do Centro de Pesquisas Renato Archer - CenPRA é um evento anual, organizado pela Comissão Interna de Iniciação Científica do PIBIC/CNPq com o intuito de prover aos seus alunos de graduação a oportunidade de divulgar seus trabalhos a todos os membros do CenPRA e da comunidade científica.

Esta jornada é aberta a todos os estudantes de Iniciação Cientifica do CenPRA e visa divulgar e integrar os diversos trabalhos existentes na Instituição.

A IV Jornada de Iniciação Científica – JICC´ 2002, ocorrida em 13 de novembro de 2002, contou com a realização de uma sessão de pôsteres contemplando os trabalhos de Iniciação Científica realizados no CenPRA pelos estudantes do programa. Desta sessão, que contou com a apresentação de 21 pôsteres, foram selecionados 16 artigos, aqui apresentados, que atestam a qualidade técnica e científica destes trabalhos.

A Comissão Interna de Iniciação Científica do CenPRA espera que o leitor aprecie os artigos, e que eles sirvam como ponto de partida para uma maior interação entre os alunos de iniciação científica do CenPRA, e entre estes, seus orientadores e a comunidade externa.

Campinas, 10 de dezembro de 2002.

Comissão Organizadora da Jornada de Iniciação Científica do CenPRA
Carlos Alberto dos Santos Passos
Oscar Salviano Silva Filho
Rosana Beatriz Baptista Haddad

Índice

CONSOLIDAÇÃO DO ENSAIO DE ELETROMIGRAÇÃO EM TRILHAS METÁLICAS DE ESTRUTURAS DE TESTE 6

André Luiz Queiroz Gomes* e Sebastião Eleutério Filho

VISUALIZAÇÃO GRÁFICA 3D PARA IMAGENS MÉDICAS 10

Marcelo de Pierre Amati; Bruno Sousa Martin;Ailton Santa Barbara; Jorge Vicente Lopes da Silva

UTILIZAÇÃO DA PRENSA DE ACF NO PROCESSO DE MONTAGEM TAB 14

Rafael Ducatti Corte; Astrid Damasco; Márcio Tarozzo Biasoli

DESENVOLVIMENTO DE SOLUÇÕES PARA O ENVELOPE UM DIRIGÍVEL AUTÔNOMO 18

Ricardo da Rocha Frazzato, Conrad T. Fujiwara, Josue Jr G. Ramos e Samuel S. Bueno

APRIMORAMENTOS NA INFRA-ESTRUTURA EM TERRA PARA UM DIRIGÍVEL AUTÔNOMO 22

Gabriel Pinto, Josué Jr. Guimarães Ramos, Samuel Siqueira Bueno

INTERFACE GRÁFICA PARA TRATAMENTO DE IMAGENS MÉDICAS 26

Glauco B. C. Silva; Jorge V. L. da Silva; Ailton S. Barbara

INOVAÇÃO E TRANSFERÊNCIA DE TECNOLOGIA: ESTUDO SOBRE COMPORTAMENTO DE PESQUISADORES EM UNIVERSIDADE 30

Luiz G. Romani; Marco A. Silveira

SEGMENTAÇÃO DE IMAGENS MÉDICAS 34

João Paulo Simonaio Pompei; Marcelo de Pierre Amati; Jorge V. L. da Silva; Ailton Santa Bárbara

SEQÜENCIAMENTO DE PROCESSOS INDUSTRIAIS UTILIZANDO META-HEURÍSTICAS 38

Luiz Gustavo P. Nazareth & Carlos A. S. Passos

SISTEMA PROMED: IMPORTAÇÃO DE DADOS DE EQUIPAMENTOS MÉDICOS 42

Maurício C. Inforçati; Jorge V. L. da Silva; Ailton Santa-Bárbara

MODELAGEM AUTOMÁTICA DE SÉRIES TEMPORAIS 46

Sérgio N. Miyamoto; Oscar S. Silva Fo.; e Wagner Cezarino

SISTEMA DE INTERFACE ENTRE ROBÔ E COMPUTADOR 50

Paulo Henrique de A. Madeira; Roberto Tavares

DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA ROBÓTICO ANFÍBIO 54

Rodrigo Mecelis; Roberto F. Tavares Filho

CAPACITANDO O ERP 58

Maurélio C. Barbosa; Rosana B. B. Haddad; Marcius F. H. Carvalho

ESTUDO E IMPLEMENTAÇÃO DE COMPONENTES DOS MODOS DE NAVEGAÇÃO BÁSICO E OBSERVADOR DO LABORATÓRIO VIRTUAL REAL 62

Victor A. S. M. de Souza; Eliane Gomes Guimarães

COMPARAÇÃO DE HEURÍSTICAS PARA SCHEDULING UTILIZANDO SIMULAÇÃO POR EVENTOS DISCRETOS 66

Rodrigo C. de Jesus; Marcius F. H. de Carvalho

Consolidação do Ensaio de Eletromigração em Trilhas Metálicas de Estruturas de Teste

André Luiz Queiroz Gomes* e Sebastião Eleutério Filho
Centro de Pesquisas Renato Archer - CenPRA
Laboratório de Tecnologia de Ensaios, Caracterização e Análise de Hardware
Rod. Dom Pedro I (SP-65), km 143,6, Campinas, SP
email: Andre.Gomes@cenpra.gov.br ; Sebastiao.Eleuterio@cenpra.gov.br ;

*Bolsista PIBIC/CNPq

Resumo

Este trabalho visa consolidar um sistema de avaliação de microestruturas eletrônicas quanto à ocorrência do mecanismo de falha de eletromigração, o qual utiliza o método do levantamento dos MTFs (Median Time to Failure) para caracterizá-lo.
O sistema empregado neste trabalho é composto de uma fonte de tensão, uma fonte de corrente, uma unidade de controle de chaveamento, um microcomputador, um programa de controle específico e uma jiga de teste onde são colocadas as estruturas de teste encapsuladas.

Palavras chave: Caracterização, eletromigração, energia de ativação, análise de falhas, tecnologia CMOS.

1. Introdução

Com o crescente desenvolvimento da microeletrônica, seus componentes foram sendo gradativamente miniaturizados e sua complexidade aumentada. Devido a tal fato, as dimensões das trilhas metálicas que compõem os circuitos eletrônicos de alta integração foram reduzidas e a corrente que por elas circulam aumentada, resultando num grande aumento da densidade de corrente nas trilhas. Este aumento pode causar a degradação das trilhas, levando ao seu rompimento ou mesmo a um curto-circuito com trilhas adjacentes.

A principal causa da ocorrência deste fenômeno é a eletromigração que, pode ser entendida como o transporte de massa metálica (tipicamente alumínio) induzido pela transferência de *momentum* de elétrons em situações de alta densidade de corrente.

2. Caracterização do fenômeno

Vários são os métodos e técnicas usados para caracterizar falhas por eletromigração sendo alguns destes lentos, outros mais rápidos; destrutivos ou não-destrutivos.

O método implantado no Laboratório de Tecnologia de Ensaios, Caracterização e Análise de Hardware do CenPRA foi o levantamento dos MTFs (Median Time to Failure).

Neste método, estruturas de teste são submetidas a condições de *stress* elevadas: alta temperatura (aproximadamente 180^{o}C) e alta densidade de corrente (aproximadamente 0,5x10^{6} A/cm^{2}).

O MTF é resultante da análise de um conjunto significativo de estruturas submetidas à condições extremas de temperatura e densidade de corrente até que

ocorra o rompimento da trilha da estrutura ou o curto-circuito da mesma, fornecendo assim o TTF (*time to failure*) individual de cada estrutura. A partir dos TTFs, calcula-se a média da distribuição lognormal, resultando assim no MTF correspondente da estrutura, com este valor, aplicamos então a equação de Black a fim de obter-se a energia de ativação.

$$\frac{1}{MTF} = A \cdot j^{n} \cdot \exp\left(-\frac{E_a}{K \cdot T}\right)$$

onde:

A = Constante característica da estrutura de teste;
j = Densidade de corrente;
n = Expoente que determina a influência de j no processo;
Ea = Energia de ativação;
k = Constante de Boltzmann;
T = Temperatura da estrutura (em graus Kelvin).

A energia de ativação é a energia necessária para que haja o desencadeamento do processo de falha, neste caso a eletromigração.

Este resultado é fundamental no auxílio ao projeto de dispositivos eletrônicos pelo fato de implementar a confiabilidade das estruturas metálicas fornecendo uma estimativa do tempo de vida útil do dispositivo.
Este é o principal método utilizado para medir o tempo de falha em estruturas.

3. Descrição do Sistema

O sistema implantado para o ensaio de eletromigração consiste de uma estufa, que trabalha a uma temperatura de aproximadamente 200°C no ensaio, que proporcionando uma condição de stress para as estruturas de teste. Estas são alimentadas por fontes de corrente, desenvolvidas para esse ensaio, com uma corrente de 15 mA.

As estruturas de teste são acondicionadas a uma jiga de teste de teflon, construída especialmente para este ensaio, e conectadas individualmente através de cabos condutores, isolados entre si, a uma ponte chaveadora. Esta é ligada a um multímetro digital e ambos são conectados a uma placa padrão GPIB, onde um programa desenvolvido para este ensaio faz a aquisição dos dados obtidos. (Figura 1)

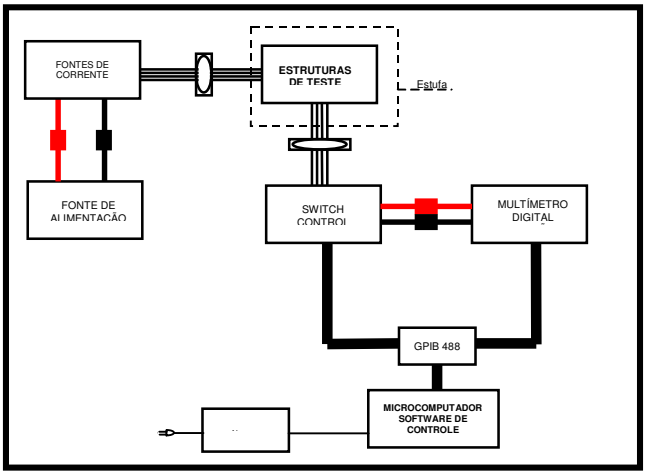


Figura 1: Diagrama esquemático do sistema

O programa de controle desenvolvido, faz a aquisição das tensões em cada estrutura e

o momento (em relação ao início do ensaio) em que esta foi obtida. Esses dados são armazenados em um arquivo texto, de onde iremos obter os TTFs de cada estrutura.

A partir dos dados obtidos, pode se obter através do gráfico, a Porcentagem de Falha acumulada × TTF, ou seja, o MTF. Utilizando a equação de Black, podemos obter a energia de ativação necessária para que desencadeie o fenômeno da eletromigração nestas trilhas metálicas; no nosso ensaio é o alumínio.

Este ensaio já foi executado três vezes, sendo que no ensaio 1 foi obtido: Tempo Médio de Falha= 65 horas e Energia de ativação: Ea: 0,69 eV, no ensaio 2 Tempo Médio de Falha= 206 horas e Energia de ativação: Ea: 0,50 eV e no ensaio 3 Tempo Médio de Falha= 278 horas e Energia de ativação: Ea: 0,74 eV

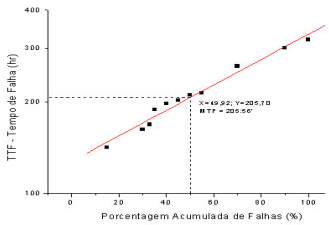


Figura 2: Ensaio 1;

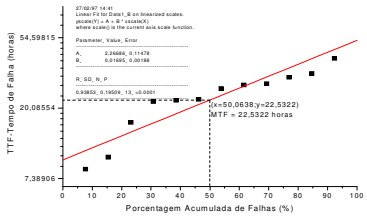


Figura 3: Ensaio 2;

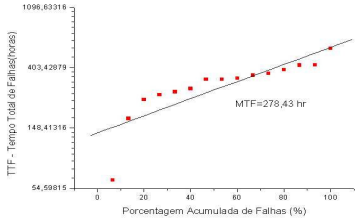


Figura 4: Ensaio3

Posterior ao ensaio, foi feita uma inspeção óptica de cada estrutura testada, afim de ratificar a presença de falha por eletromigração. Dentre elas, foram selecionadas algumas para inspeção no microscópio eletrônico de varredura (MEV) para: Ter uma maior avaliação das estruturas que não apresentaram falha evidente ao microscópio óptico (MO); Estruturas que apresentaram grande potencial de falhas típicas por eletromigração na inspeção óptica. Ao fim da inspeção, todas as estruturas apresentaram falhas por eletromigração. A figura 5 apresenta detalhes de falhas de algumas estruturas:

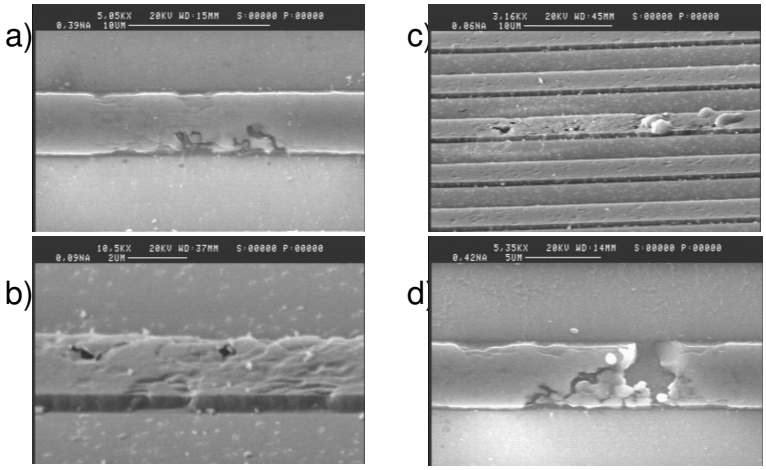


Figura 5: Inspeção no MEV: *a)* Vista planar de uma estrutura de falha não aparente no MO; *b)* Detalhe da falha na estrutura "a" no MEV em vista inclinada; *c)* Falha típica por eletromigração com a presença de vazios **(voids) e acúmulo de de material (hillock); *d)* Falha típica por eletromigração que resultou num aberto elétrico.**

4. Conclusão

Estruturas de teste foram submetidas a condições extremas de temperatura e corrente a fim de avaliar suas performances quanto à resistência à eletromigração.

Foi implantado um sistema que propiciou as condições ideais de temperatura e corrente. Nele, foram empregados programas para monitoração (conectado ao sistema através de uma placa de interface padrão GPIB) dos dados obtidos e para automatização de todo o sistema.

A análise dos dados indicou tempos médio de falha de 65, 206 e 278 horas e energia de ativação entre 0,50eV, 0,69eV e 0,74eV. Visando consolidar todo o sistema, será iniciada uma nova rodada de ensaios a fim de possibilitar intercomparação com resultados já obtidos e os da literatura.

5. Agradecimentos

Os autores agradecem ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC) do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo suporte ao bolsista.

6. Referências

Scorzoni et al.; “Materials Science Reports”; 7, 143-220, 1991.
Lozano, M.; “Calidad de Procesos mediante Estructuras de Test en el CNM”.

Visualização gráfica 3D para imagens médicas

Marcelo de Pierre Amati; Bruno Sousa Martin;Ailton Santa Barbara; Jorge Vicente Lopes da Silva
Centro de Pesquisas Renato Archer - CenPRA
Laboratório de Tecnologias para o Desenvolvimento de Produtos- LTDP
Rod. D. Pedro I, Km 143
Campinas SP 13082-120
{amati; bruno.martin; ailton.santa-barbara; jorge.silva}@cenpra.gov.br

Resumo

Este artigo apresenta os fundamentos do projeto que tem por objetivo o desenvolvimento de um sistema que permitirá a visualização 3D de imagens médicas. Denominado PROMED (Prototipagem Rápida em Medicina), o projeto visa o processamento de imagens médicas obtidas por Tomografia Computadorizada ou Ressonância Nuclear Magnética. Essas técnicas utilizam o VTK (The Visualization ToolKit), que consiste em um conjunto de classes escritas em C++ com aplicações voltadas para visualização e processamento de imagens, em uma interface Python, que é uma linguagem simples, orientada a objetos e dispõe de métodos para melhorar a eficiência do programa.

Palavras chave: VTK, imagens médicas, Python, visualização.

1. Introdução

O presente trabalho se insere nas atividades do Laboratório de tecnologias para desenvolvimento de Produtos, LTDP, do CenPRA para o desenvolvimento de projeto de pesquisa denominado PROMED – Prototipagem Rápida em Medicina.

Visualização Gráfica 3D é parte de nossa vida cotidiana. De importantes mapas à indústria de entretenimento, percebe-se que visualização 3D está presente em tudo que nos cerca. Mas o que é visualização? Informalmente pode-se defini-la como a transformação de dados em imagens. Um importante elemento da visualização é que ela faz uso das poderosas habilidades visuais humanas.

Em muitos casos a visualização 3D têm influenciado determinados setores da ciência de forma inimaginável, como em sua aplicação na medicina. Técnicas de aquisição de imagens do interior do corpo humano têm se tornado uma ferramenta importante de diagnóstico na medicina contemporânea. Nelas inserem-se técnicas como Tomografia Computadorizada (TC) – dados adquiridos por raios-X – e Ressonância Magnética (RM) – dados adquiridos com o auxílio de elevadíssimos campos magnéticos. As imagens obtidas por esses processos estão na forma de planos que possuem projeções similares àquelas geradas pelos raios-X convencionais, aqui denominados “fatias

O sistema desenvolvido neste trabalho possibilita a visualização de imagens bidimensionais e tridimensionais, orientado à área médica, para ser executado em computadores pessoais – PC. O custo de aquisição do hardware e o sistema de visualização devem ser reduzidos e de interface amigável. Por ser multiplataforma (Windows / Linux), estará acessível às pequenas clínicas, centros de saúde e hospitais públicos e privados. Isso quer dizer que um médico ou especialista poderá, utilizando esse programa e com as imagens obtidas por TC ou RC, visualizar o interior do corpo humano em três dimensões, podendo associar cores diferentes nos diferentes tecidos e até mesmo visualizá-los separadamente.

Para isso, serão implementados e desenvolvidos algoritmos avançados, rápidos e eficientes disponibilizando recursos de visualização 3D, tratamento de imagens, segmentação e reconstrução 3D, exportando o volume da imagem analisada para um arquivo no formato adequado para se trabalhar em um equipamento de prototipagem rápida, sistema CAD, ou formatos 2D;

2. A Ferramenta VTK - The Visualization ToolKit.

Antes de se abordar a ferramenta VTK [1,2], serão definidos 4 importantes conceitos associados a esse sistema, que serão muito utilizados nesse trabalho e em torno dos quais há uma certa confusão [1]: computação gráfica, renderização, processamento de imagens e visualização. Em linhas gerais, computação gráfica é o processo de gerar imagens utilizando-se computadores. A renderização pode ser vista como o processo de conversão de dados numa imagem. Na visualização de dados objetiva-se transformar dados em primitivas gráficas, que são então renderizados. Há muitos processos de renderização, variando de simples programas de pinturas 2D às sofisticadas técnicas 3D. Processamento de imagens é o estudo de imagens bidimensionais, que inclui técnicas para transformar, extrair informações e analisar imagens. E, finalmente, Visualização é o processo de explorar, transformar e observar dados como imagens (ou outras formas sensoriais) para conseguir-se entendimento em torno dos dados analisados.

VTK é um poderoso sistema para computação gráfica, processamento de imagens e visualização, que consiste de uma biblioteca de classes C++ com suporte para programação também em outras linguagens: Java, Tcl/Tk e Python. O Kit oferece uma imensa gama de algoritmos de visualização, incluindo métodos escalares, vetoriais e volumétricos; além de avançadas técnicas de modelagem, como redução poligonal, smoothing, corte, contorno, dentre outros. Além disso, utiliza os princípios de orientação a objetos, que torna o pacote mais robusto e organizado; e a licença é de código aberto, ou seja, gratuitamente disponível para o desenvolvimento de sistemas, sempre respeitando o autores das classes e métodos.

É importante dizer que a abordagem VTK de visualização almeja não só uma exibição realista da informação, mas também uma ampla interação com os dados exibidos. Mudanças de cores, luzes, propriedades da superfície, ângulos de visualização, zoom, translações, rotações, dentre outros, são algumas das manipulações amplamente utilizadas nas renderizações geradas. . As imagens da figura 1 são alguns exemplos.

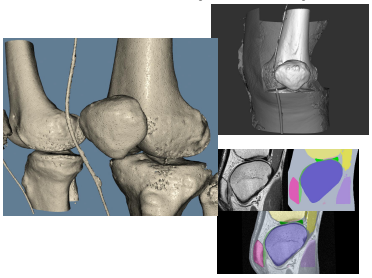


Figura1: exemplos de visualização de imagens

A linguagem *Python* [4] foi escolhida para o desenvolvimento do sistema pois caracteriza-se por ser uma linguagem de alto nível, interpretada, orientada a objetos com uma semântica dinâmica. Além disso, é simples e intuitiva, o que implica em ganho de tempo na implementação da interface do programa.

3. Estratégias implementadas

O sistema desenvolvido é resultado de uma profunda exploração dos poderosos recursos oferecidos pelo VTK. Inicialmente, centenas de exemplos aplicáveis à área médica foram detalhadamente estudados; uma integração inicial desses exemplos foi implementada. O conhecimento obtido nesse desenvolvimento preliminar foi fundamental para o início da programação VTK propriamente dita, momento esse em que passou-se ao desenvolvimento de aplicações próprias.

Apoiados por especialistas da área médica, buscou-se uma interface gráfica simples e objetiva, que estivesse inserida nesse contexto através de definições e nomenclaturas apropriadas.

Agora, conheceremos algumas estratégias e particularidades do sistema desenvolvido. A camada VTK pode ser dividida em 3 grandes conjuntos: visualização 2D, visualização 3D e exportação de dados.

A visualização 2D apresenta três orientações distintas de fatias: sagital, coronal e axial. As visualizações das orientações sagital e coronal oferecem informações importantíssimas, mas atualmente é necessário que o médico solicite essas orientações ao radiologista previamente ao exame, enquanto a renderização possibilita visualizar todas as orientações a partir de "fatias" de uma única orientação, inclusive orientações oblíquas, diferentes da três anteriores como na figura 2). A manipulação dessas imagens torna-se ainda mais interessante com a utilização de ferramentas como *zoom*, que permite alteração no tamanho das fatias; aplicação de filtro *threshold*, que possibilita a visualização dos diferentes tecidos separadamente. Vale ressaltar que o sistema abrange todo o caso de estudo, ou seja, todas a fatias, enquanto que atualmente o filme radiológico limita a quantidade de fatias a que o médico terá acesso.

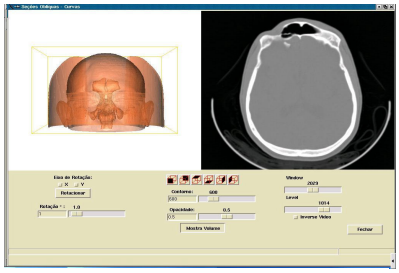


Figura 2: função do programa para visualização de fatias com orientações diferentes das

O que confere ao programa seu caráter inovador e até revolucionário são as modernas técnicas de visualização 3D e ferramentas aplicáveis a esse tipo de visualização que estão presentes no sistema. Após a leitura apropriada das imagens, o primeiro passo para gerar-se um volume em VTK é a definição do método de renderização. O sistema disponibiliza quatro diferentes tipos de visualização de volume: MIP, Isosurface, Composite e Contourfilter; cada um desses possui particularidades de coloração, luzes e de propriedades de superfície. Os métodos Isosurface e Contourfilter diferem do MIP e do Composite em um aspecto fundamental: utiliza-se de um valor de contorno para efetuar-se a exibição do volume, enquanto que os outros baseiam-se apenas em valor de threshold. É possível também controlar a opacidade, para melhor visualizar as diferentes cavidades. Observa-se um melhor resultado na renderização obtida por valor de contorno.

Na figura 3, podemos observar uma das janelas do programa, na qual podemos fazer a visualização em 2D ou 3D, conforme descrito nos parágrafos anteriores.

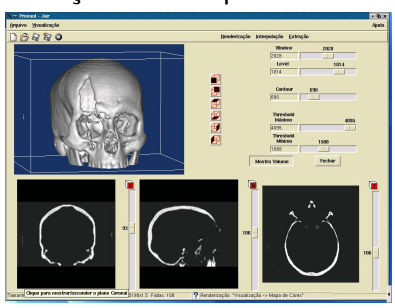


Figura 3: janela do programa que disponibiliza os diversos métodos de renderização

O sistema oferece a possibilidade de corte no volume gerado. O volume de interesse resultante pode propiciar tanto uma observação de estruturas normalmente não visíveis quanto uma melhora de desempenho nas operações executadas sobre aquele volume, como rotação, zoom, translação, já que o volume de dados processados são menores.

No que diz respeito a performance é importante dizer que o sistema desenvolvido ainda sofrerá ajustes. Um processo de otimização foi iniciado antes mesmo do término de implementações funcionais. Essa fase inicial de otimização vem sendo executada com o módulo Numeric Python, que possibilita manipulação de vetores e matrizes com maior eficiência. Essa performance é muito importante para que o programa possa ser executado em PC´ s, que não dispõem de recursos avançados de hardware.

Uma ferramenta interessante de aplicação tanto para a visualização 2D quanto para a visualização 3D é a técnica de utilização de mapa de cores. Provavelmente a mais usada técnica de visualização, consiste em colorir objetos por meio de valores escalares: valores escalares são mapeados através de uma tabela de cores para se obter uma cor; essa cor é aplicada durante a renderização para modificar-se a aparência de um ponto. Como resultado prático, um especialista pode identificar facilmente regiões mais densas ou menos densas.

Em relação a exportação de volumes, o sistema oferece a opção de gerar volumes em arquivos do tipo *STL* (arquivos *Stereolithography*, executáveis em sistemas *CAD*). Em VTK, para a geração do arquivo *STL* é necessária a conversão de tipos de dados: pontos estruturados (tipo de dados das imagens) devem ser convertidos para um tipo de dados poligonal. Para isso, é feita uma extração de superfície utilizando-se o algoritmo *Marching Cubes*. Há a possibilidade de otimização desse volume poligonal gerado através da execução de uma "dizimação" (redução do número de triângulos). Isso possibilita uma redução considerável no tamanho do arquivo final; *smoothing*, normais, triangularização e conectividade são opções que também podem ser aplicadas ao volume, de forma a melhorar a qualidade do arquivo para prototipagem.

4. Conclusão

Há poucas décadas, a computação gráfica era apenas mais uma disciplina teórica da área de computação. Hoje, com o advento de poderosos computadores e de novas técnicas de visualização, é possível usá-la em qualquer escola de ensino fundamental ou, como em nosso objetivo, em qualquer clínica ou hospital.

Observando o poder das ferramentas do programa percebemos que sua face mais extraordinária é a possibilidade de analisar as estruturas internas do corpo humano em 3D, sem a necessidade de muitos recursos de *hardware* ou técnicos especializados. Com o PROMED, a tecnologia de visualização de imagens médicas estará acessível e será mais uma ferramenta a disposição dos médicos, com recursos que há alguns anos significavam altos custos de sistemas computacionais, o que possibilitará a esses profissionais maior precisão nos diagnósticos. Além disso, com a prototipagem, é possível planejar (e até ensaiar) a cirurgia no protótipo, o que torna o procedimento cirúrgico mais preciso e menos sujeito a adversidades.

5. Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq pela quota institucional de bolsas de iniciação científica – PIBIC, ao CenPRA.

6. Referências

[1] SCHROEDER, WILLIAM J.; MARTIN, KENNETH M.; LORENSEN, BILL. "The Visualization Toolkit – An Object-Oriented Approach to 3D Graphics", Prentice Hall PTR, 2001.

[2] SCHROEDER, WILLIAM J.; AVILA, LISA S.; MARTIN, KENNETH M.; HOFFMAN, WILLIAM A.; LAW, CHARLES. "The Visualization Toolkit – User's Guide", Kitware, Inc., 2001.

[3] Kitware. "Kitware VTK". Disponível em: http://www.kitware.com/vtk/index.html. Acesso em: 10 novembro 2002

[4] Python. "Python Language Website". Disponível em: http://www.python.org. Acesso em: 9 novembro 2002

Utilização da prensa de ACF no processo de montagem TAB

Rafael Ducatti Corte; Astrid Damasco; Márcio Tarozzo Biasoli
Centro de Pesquisas Renato Archer – CenPRA
Laboratório de Tecnologia de Empacotamento Eletrônico
Rod. D. Pedro I, km 143,6
Campinas – SP – 13083-970
{rafael.corte; astrid.damasco; marcio.biasoli}@cenpra.gov.br

Resumo

O adesivo condutivo anisotrópico, conhecido como Anisotropic Conductive Film – ACF, vem sendo usado nos últimos 30 anos pelas indústrias de mostradores de cristal líquido para fazer a conexão elétrica e mecânica entre o circuito eletrônico e o substrato de vidro. Este trabalho enfoca uma etapa muito importante do processo de montagem TAB (tape automated bonding): a etapa de aplicação e fixação do ACF, e tem por objetivo otimizar esta etapa, garantindo uma melhor qualidade do produto final, o mostrador de cristal líquido. A análise microscópica foi uma ferramenta muito importante para a realização deste trabalho, visto que as esferas condutivas do adesivo são micrométricas. Através desta análise foi possível observar os defeitos mais freqüentes e, a partir dos dados obtidos, tomar as devidas providências para sanar os problemas encontrados. A mudança dos parâmetros de controle desta etapa do processo, em busca da melhor combinação dos mesmos, também foi orientada por essa análise. A utilização da prensa de ACF seguida por uma inspeção microscópica garante a eficiência desta etapa de aplicação e fixação de ACF do processo de montagem TAB, visto que a primeira minimiza a presença de bolhas de ar entre o adesivo e o vidro e a segunda permite analisar a influência das mesmas, quando elas existirem.

Palavras chave: ACF, TAB, Prensa, Adesivo condutivo anisotrópico

1. Introdução

O adesivo condutivo anisotrópico, conhecido como Anisotropic Conductive Film - ACF, vem sendo usado nos últimos 30 anos pelas indústrias de mostradores de cristal líquido para fazer a conexão elétrica e mecânica entre o circuito eletrônico e o substrato de vidro.

Esses adesivos consistem de uma mistura de partículas condutivas, aleatoriamente dispersas em uma matriz isolante. Tais partículas são constituídas por esferas poliméricas, recobertas com uma fina camada de níquel, ouro, ou níquel e ouro, o que lhes fornece esta característica condutiva. A principal propriedade deste tipo de material é a habilidade de conduzir eletricidade na direção Z e permanecer isolante nas direções X e Y , já que a condução elétrica é feita somente pelas esferas condutivas.

O processo de montagem TAB - Tape Automated Bonding - utilizado na montagem de mostradores de cristal líquido, com a utilização de ACF, é ilustrado na figura 1.

Uma das etapas deste processo é a fixação do ACF. Ela é fundamental para garantir a utilização correta e eficiente do adesivo, eliminando bolhas de ar entre o vidro e o adesivo e, assim, ajudar a garantir a eficiência do processo inteiro. O equipamento necessário e os resultados obtidos serão descritos adiante.

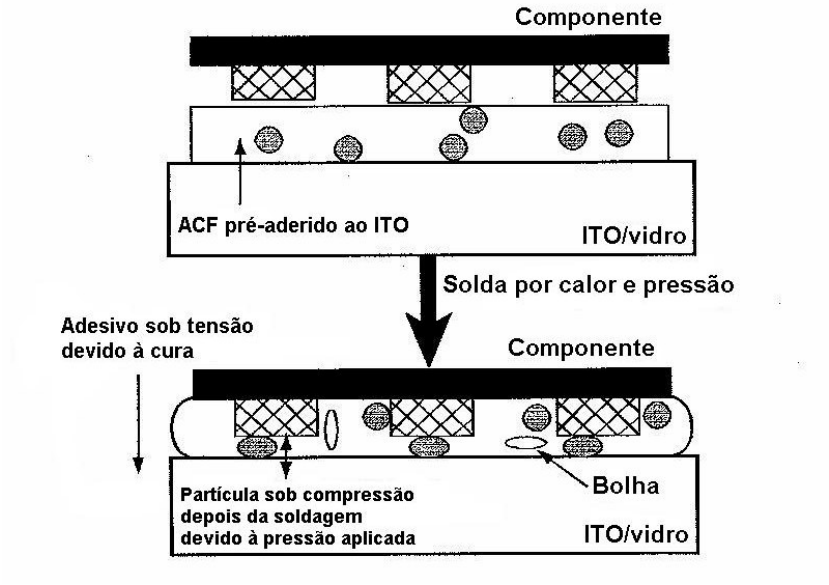


Figura 1 - Ilustração da utilização do ACF no processo de montagem TAB

2. Objetivo

O objetivo deste trabalho é mostrar como garantir uma interconexão eficiente entre o componente eletrônico e as trilhas de ITO (indium tin oxide) através do adesivo condutivo.

3. Equipamento

Para fixar o ACF no vidro, no mostrador de cristal líquido, foi utilizada uma prensa com cabeça aquecida, mostrada na figura 2. Ela é constituída basicamente por uma base para apoiar o mostrador e por um pistão (PMAX = 145 psi) que apresenta em sua extremidade uma cabeça que é mantida aquecida através uma resistência de 500 W. Entre as características deste equipamento, pode-se citar:

- Timer analógico;
- Controlador e indicador de temperatura digitais;
- 2 reguladores de pressão: um para a pressão geral e outro somente para o cabeçote;
- Válvula para o controle da entrada de ar no pistão;
- Proteção para o operador em acrílico;
- Ajuste da cabeça nas direções y (profundidade) e z (altura);
- Base de apoio do mostrador com 150mm;
- Ajuste da mesa de fixação do mostrador;
- Acionamento do timer e do vácuo (utilizado na fixação do mostrador) pelo botão START.

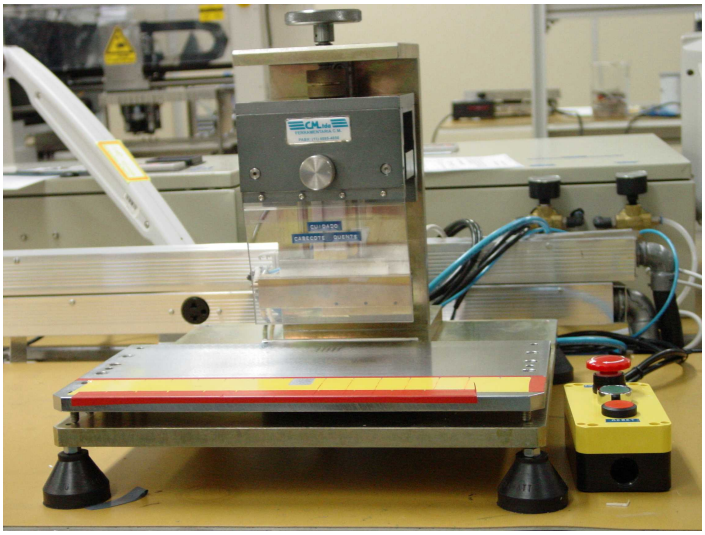


Figura 2 – Prensa de ACF

Existem, portanto, três parâmetros que podem variar nesta etapa do processo: tempo, temperatura e pressão. É extremamente importante ressaltar que a pressão exercida deve ser capaz de eliminar as bolhas de ar, mas não de esmagar as esferas condutivas e que o calor utilizado não seja capaz de curar o adesivo.

A combinação mais eficiente destes parâmetros encontrada foi manter a cabeça do pistão em contato com o vidro durante 5 segundos, à temperatura de 80 $\pm$ 5 ºC, sob uma pressão de 70 PSI (esta pressão, embora maior que a sugerida na literatura (1), é a mais adequada neste caso). Eventualmente, nem todas as bolhas de ar são eliminadas, mas nem todas elas representam um problema efetivo. Deve-se, então, caracterizar as bolhas encontradas depois da prensagem.

4. Análise Microscópica

Uma inspeção microscópica se faz necessária para verificar se ainda existem bolhas de e caracterizá-las. Como não é possível eliminar todas as bolhas, o objetivo é minimizar a presença delas nas trilhas de ITO e não se preocupar com as que aparecem nos espaços entre as trilhas, já que estas não estão em contato com as partículas condutivas. Bolhas que envolvem ou tocam partículas condutivas devem ser rejeitadas, pois impedem uma interconexão eficiente. Nestas regiões, o adesivo deve ser retirado e o processo deve ser reiniciado pela limpeza novamente. A figura 3 orienta esta inspeção (3).

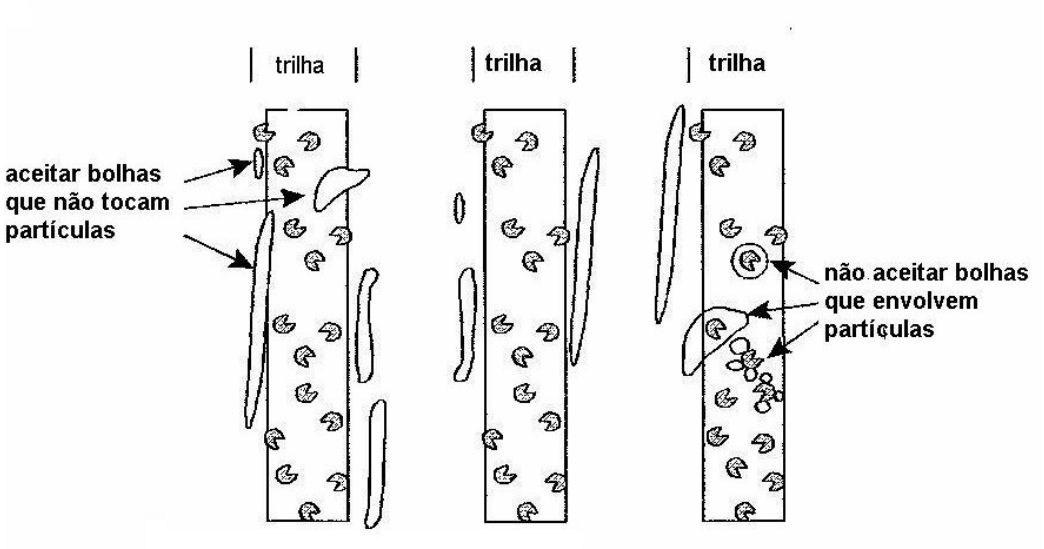


Figura 3 – Orientação para a inspeção de bolhas

5. Conclusão

A utilização da prensa de ACF seguida por uma inspeção microscópica garante a eficiência da etapa de fixação do adesivo do processo de montagem TAB, visto que a primeira minimiza a presença de bolhas de ar entre o adesivo e o vidro e a segunda permite analisar a influência das mesmas, quando elas existirem.

6. Agradecimentos

A realização deste trabalho foi possível graças ao apoio fornecido pelo PIBIC/CNPQ e por toda a equipe do Laboratório de Tecnologia de Empacotamento Eletrônico do CenPRA – Centro de Pesquisas Renato Archer.

7. Referências

[1] Opdahl, Peter J.; “Anisotropic Conductive Film for Flipchip Applications: An Introduction”; Tutorial 5, Flipchips dot com.
[2] Nichols, Dennis R.; “Indium Tin Oxide Films”; Photonics Spectra, pg. 57-60, maio/1982.
[3] 3M Technical Bulletin; “Visual inspection guide for the 5000 series”; março/2000.
[4] Nishida, H.; Sakamoto, K.; Ogawa, H.; Ogawa, H.; Micropitch connection using anisotropic conductive materials for driver IC attachment to a liquid crystal display; IBM journal of research & development; vol. 42; nº 3 – High-Resolution Displays; 1998.
[5] Holloway, M.; Ward, M.; Scully, L.; Anisotropically conducting adhesives for direct chip attach; Loctite Electronics Technical Paper; pg 1-8; 1999/2000.

Desenvolvimento de Soluções para o Envelope um Dirigível Autônomo

Ricardo da Rocha Frazzato, Conrad T. Fujiwara, Josue Jr G. Ramos e Samuel S. Bueno
Centro de Pesquisas Renato Archer -Laboratório de Robótica e Visão
Rod. D. Pedro I, Km 143,6 Campinas SP 13083-970
Lrvc@cenpra.gov.br

Resumo

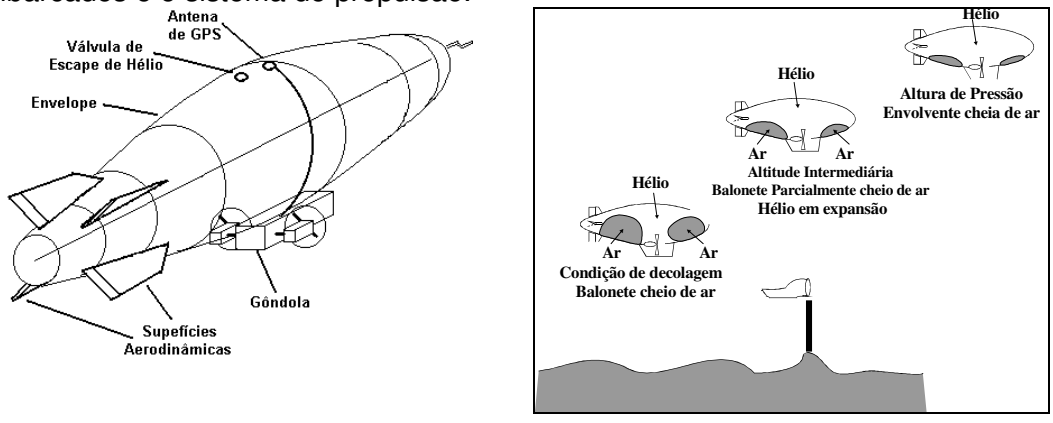
Este artigo mostra as atividades desenvolvidas no projeto AURORA na área de desenvolvimento de soluções para o Envelope do Dirigível utilizado no projeto AURORA. Estas estiveram relacionadas à metodologia e materiais para a construção do envelope e a questões relacionadas aos balonetes.

Palavras chave: Envelopes para dirigíveis, materiais, balonetes

1.Introdução

O envelope do drigivel é tipo não rígido, construído a partir de folhas de material plástico unidas através da sobreposição e aquecimento das mesmas. No AS800-1 o material utilizado é o *mylar* (duas camadas plásticas com uma película de alumínio em seu interior) enquanto que no AS800-2 usa-se o *nylon*. O *mylar* é mais leve que o *nylon,* porém o último apresenta uma resistência superior, necessário para evitar perdas excessivas de hélio através de furos na superfície do envelope, que vão acontecendo com o uso ou acidentes. O envelope possui uma série de engates e velcros que permitem fixar os demais componentes: gôndola, superfícies aerodinâmicas, bico para atracamento (onde está instalado um dos sensores -a sonda de vento).

A Figura 1-a apresenta a disposição geral dos componentes no envelope notando-se a presença: i)da válvula para escape de hélio que é aberta em situações de em que se deseja a diminuição da força aerostática, como em emergências para provocar a descida do veículo; ii) do ponto de fixação da antena do GPS e da sonda de vento ; iii) da gôndola onde estão instalados componentes embarcados e o sistema de propulsão.



a) Disposição geral dos componentes do dirigível

b) Operação dos balonetes num dirigível não rígido.

Figura 1: Componentes de um dirigível incluindo balonetes.

2. Soluções Desenvolvidas

2.1 Estudo de Materiais

A especificação de um material para envelope deve envolver a análise de fatores como performance, custos, risco e vida útil, fazendo da escolha do material um compromisso entre:

- Máxima resistência à tração vs. mínimo peso
- Máxima resistência à propagação de rasgos vs. máxima adesão
- Vida útil prolongada vs. facilidade de reparo em serviço
- Mínimo preço vs. as outras propriedades.

Foi levantado o conjunto de normas para teste e qualificação de materiais de envelope baseado nas normas americana FAA – ADC (Airship Design Criteria), e alemã LFLS (Lufttüchtigkeitsfordeungen für Luftschiffe). Pela análise do material empregado no dirigível AS800-2, concluímos que o processo básico de fabricação consiste de um tecido, impermeabilizado para gases, por meio de uma camada polimérica, e depois submetido a um processo de calandragem, a fim de compactar o material, melhorando seu desempenho.

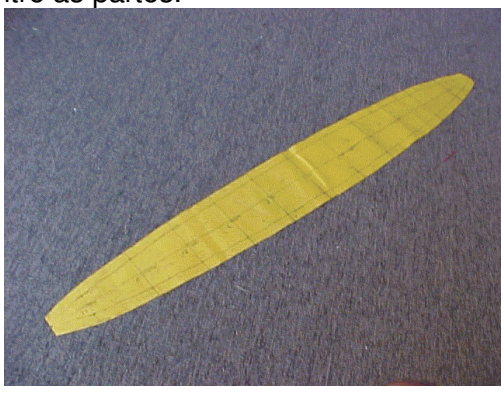
2.2 Levantamento de métodos para desenvolvimento de moldes de envelope.

Foi realizado um estudo geométrico que resultou no desenvolvimento de um método para obtenção de moldes para a confecção de dirigíveis. Inicialmente, foram levantadas as características geométricas do envelope que, a grosso modo, é constituído pela união de duas hipérboles. Em seguida, o volume tridimensional foi planificado e um conjunto de pontos no plano foi determinado, que representam uma metade do perfil do gomo. Com o auxílio de um CAD, podem ser transformados em um perfil simétrico, ou um molde.

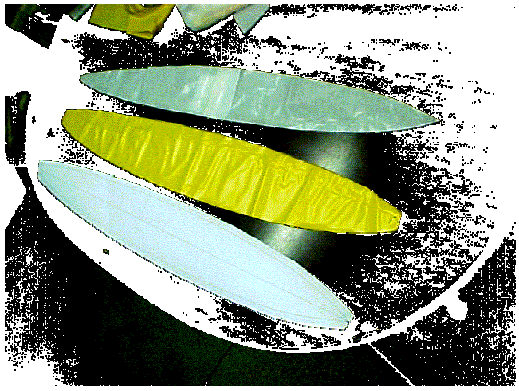
2.3 Validação da metodologia para construção de envelopes

Foram construídos dois protótipos de envelope, réplicas do AS800-2, em escala 1/10.

O primeiro foi construído em polietileno laminado. O material mostrou-se de difícil manipulação, devido a sua flexibilidade restrita e sua dificuldade de adesão entre as partes.



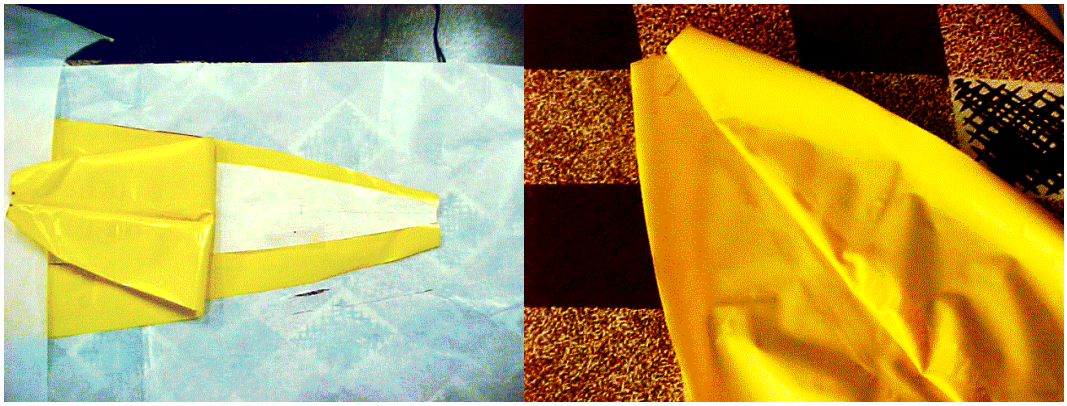
a) Molde do primeiro protótipo, em polietileno.



b) (de baixo para cima) Molde em papel traçado com plotter; corte do gomo em filme de PVC; contramolde em papel manteiga para soldagem dos gomos.

Figura 2: desenvolvimento dos moldes

Foi utilizado no segundo protótipo o filme de PVC, e um novo método de união das partes foi desenvolvido, uma vez que este material apresentou excelente propriedade de soldagem por calor. A partir das equações da geometria do envelope, foi gerado um molde, via plotter, de altíssima qualidade. Com esse molde, traçamos os gomos sobre o filme de PVC e traçamos também um contramolde, em papel manteiga. Montamos um "sanduíche" com dois gomos e o contramolde entre eles, de forma que a emenda fique do lado interno do envelope, e aplicamos calor até a união das partes.



(a) (b)

Figura 3: (a) posicionamento dos gomos e do contramolde para soldagem; (b) gomos soldados, resultando em emendas uniformes.

Figura 4: Segundo protótipo, ao lado do envelope do AS800-2.

2.4 Avaliação do Sistema de Controle de Pressão do Envelope:

A Figura 5 mostra o principio de operação do sistema de controle de pressão do envelope do dirigível AS800. Caso a pressão no interior do envelope diminua, o ar que entra pela Válvula de Entrada aumenta o volume do balonete até que se alcance a pressão para a manutenção da forma do envelope. Quando esta pressão é ultrapassada, a Válvula de Alívio abre-se automaticamente (sistema de mola) e libera o ar do balonete para a atmosfera até que se alcance novamente a pressão ideal, na qual a válvula de alívio se fecha, equilibrando o sistema.

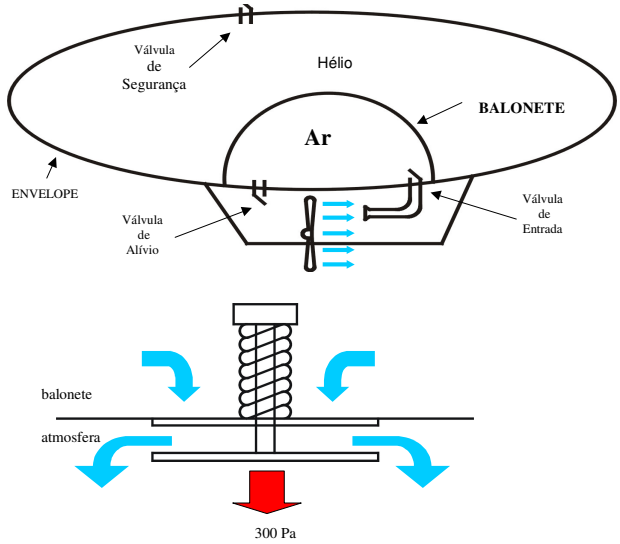


Figura 5: Sistema de Controle de Pressão do Envelope

Quando a pressão ideal para a manutenção da forma do envelope é alcançada, existe um diferencial entre a pressão interna e externa o que gera uma força sobre a Válvula de modo que a mola se comprime e libera a passagem de ar.

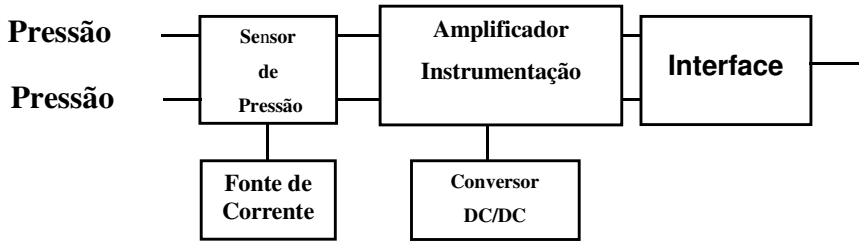


Figura 6: Esquema para medição de pressão do envelope

3.Conclusão

Os estudos realizados ofereceram suporte para o domínio da problemática associada ao envelope de dirigível no Projeto Aurora, fazendo com que aprendizado e produção andassem lado a lado. Nota-se que em um projeto de tal envergadura o aprendizado torna-se propício, já que além de ser multidiciplinar conta com uma equipe capacitada e experiente. Isso incentivou a produção constante de novas idéias que aliadas aos novos conhecimentos adquiridos levaram a evolução presente do projeto de iniciação científica.

4.Referências

[1] Ramos, J.J.G.; Bueno, S.S.; Maeta, S. M.; Nascimento; L. G.; Bergerman, M.; Elfes, A.; Asanuma, K.; Paiva, E.; Beiral, J. A. “Project AURORA: “Autonomous Unmanned Remote Monitoring Robotic Airship” 2nd International Airship Convention and Exhibition, Bedford, Inglaterra, Junho de 1998.

[2] Silva, J.V.L.; Yamanaka, M.C.Y.; Bergerman, M.; Saura, C.E. “Rapid prototyping: concepts, applications, and potential utilization in Brazil.” International Conference on CAD/CAM, Robotics, and Factories of the Future, Águas de Lindóia, SP, Agosto 1999, pp. CT2-20 a CT2-25.

Aprimoramentos na Infra-estrutura em Terra para um Dirigível Autônomo

Gabriel Pinto, Josué Jr. Guimarães Ramos, Samuel Siqueira Bueno
Centro de Pesquisas Renato Archer
Laboratório de Robótica e Visão Computacional
Rod. D. Pedro I, Km 143,6 Campinas SP 13082-120
lrvc@cenpra.gov.br

Resumo

Este artigo trata das atividades desenvolvidas no projeto AURORA principalmente as ligadas aos aprimoramentos na Infra-estrutura de software em Terra para o dirigível AS-800.

Palavras chave: Software, dirigível, robô, controle, engenharia de software.

1. Introdução

O Projeto AURORA [1] é desenvolvido pelo LRVC/CenPRA, tendo como objetivo o estabelecimento de veículos robóticos aéreos para pesquisa e monitoração ambiental, climatológica e de biodiversidade. No projeto AURORA visa-se o desenvolvimento de tecnologia de operação autônoma de dirigíveis não-tripulados, com progressivos graus de autonomia durante todas as fases de suas missões. Os principais componentes do AURORA são: o dirigível em si, o sistema de controle e navegação a bordo com todos os seus sensores e atuadores; os sensores internos; os sensores externos. conforme mostrado na Figura 1.

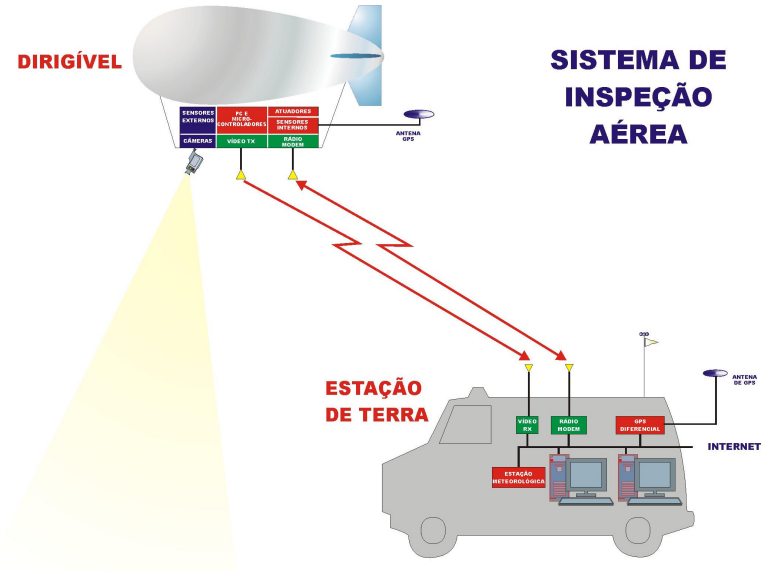


Figura 1: Conceito geral do projeto AURORA

As atividades desenvolvidas tiveram como objetivo contribuir na realização de aprimoramentos no ambiente de desenvolvimento e operação do dirigível de forma a melhorar a sua acessibilidade e facilitar seu uso, principalmente para permitir que usuários conectados remotamente possam visualizar os dados de vôo, plotá-los de forma a possibilitar a repetição animada destes.

As atividades foram realizadas seguindo paradigmas de engenharia de software desde a Especificação de requisitos, Analise de requisitos e Projeto Orientado a objetos

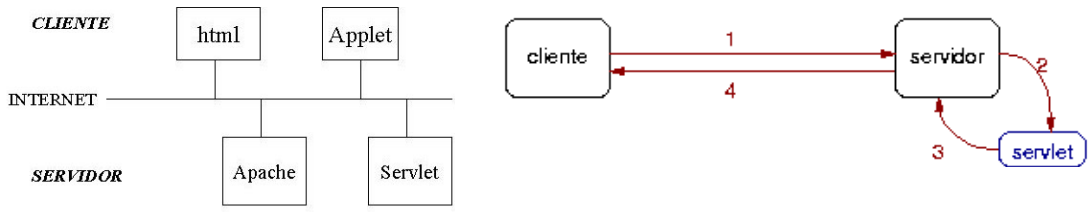
2. Descrição do Solução Implementada

O sistema de repetição animada do Projeto Aurora permite a visualização de vôos já realizados (play-back) e de vôos em tempo real através da Web. Para isso ele possibilita o acompanhamento das variáveis adquiridas durante o vôo utilizando um ou mais plotadores e visualizar um painel de instrumentos (Painel Aniônico). Ele também gerencia a transferência de dados de modo a evitar possíveis atrasos causados pela conexão

2.1 Apresentação da Solução desenvolvida

Para satisfazer os requisitos foram desenvolvidos um servidor de dados e um cliente remoto. O sistema foi desenvolvido em JAVA, devido a portabilidade e ampla aceitação pela maioria dos Navegadores disponíveis. O servidor é composto por um servidor Web, no caso Jakarta Tomcat/Apache por ser de fácil manipulação, disponível para diversas plataformas e aceitar a tecnologia de Servlets. O cliente é um Applet, carregado através do servidor web e executa remotamente fazendo as requisições de dados necessárias para satisfazer as solicitações, que são servidos pelos Servlets.

O modelo simplificado de comunicação do sistema de repetição animada entre o cliente e o servidor é mostrado na Figura 7-a



a) Esquema Simplificado do Sistema Cliente Servidor

b) Ciclo de vida de um servlet

Figura 7: Applet e Servlets

Nesse modelo o usuário acessa uma página html e solicita o início do serviço de repetição animada, que é fornecido pelo servidor web. A interface de comunicação com o usuário é feita por um applet que obtém todos os dados necessários de um Servlet.

Applets são programas projetados para ter uma execução independente dentro de alguma outra aplicação, eventualmente interagindo com esta, que normalmente é um *browser* (navegador) Web. Assim, *applets* executam no contexto de um outro programa, o qual interage com o *applet* e determina assim sua seqüência de execução. A funcionalidade do Applet desenvolvido oferece os seguintes recursos: i) mostra uma interface amigável ao usuário, disponibilizando às funcionalidades disponíveis e permite que o usuário saiba em que ponto da repetição ele se encontra; ii) gerencia a comunicação com o servidor, a estrutura de dados utilizada e o buffer de dados local; iii) traduz os dados recebidos pelo servidor para uma estrutura de fácil entendimento e portabilidade; iv) faz a repetição animada dos dados utilizando um plotador; v) Mostrar um painel de instrumentos atualizado.; vi) mostra um painel com dados de maior relevância.

O uso de Servlets está cada vez mais difundido dentre os profissionais que desenvolvem para Web. É uma tecnologia que permite o desenvolvimento de

páginas dinâmicas com Java, permitindo ao programador usar apenas uma linguagem (Java) em todas as "camadas" de sua aplicação. O Servlet é executado em conjunto com um servidor web padrão (no caso Apache-Tomcat), o qual repassa as requisições específicas ao Servlet adequado.

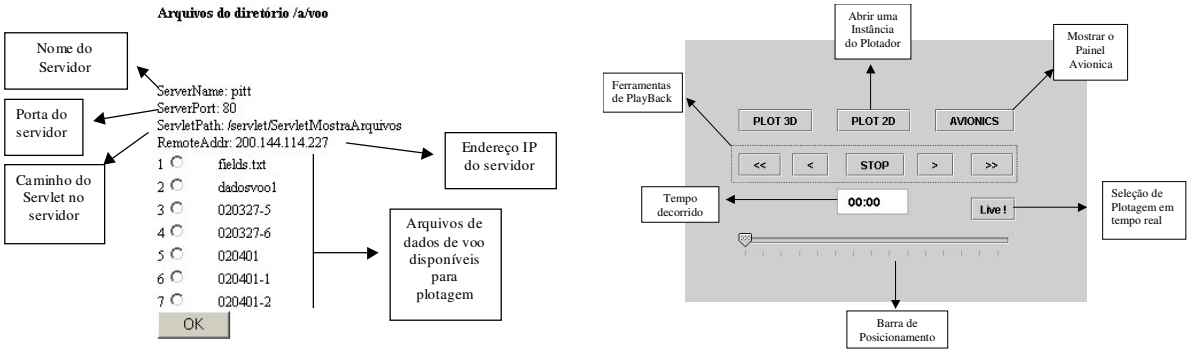
O ciclo de vida de um servlet é composto de várias etapas, desde a solicitação do cliente até o envio de uma resposta pelo servidor, e é exemplificado na Figura 7-b: 1) o cliente envia solicitação ao servidor ; 2) o servidor invoca *servlet* para a execução do serviço solicitado ;3) o *servlet* gera o conteúdo em resposta à solicitação do cliente; 4) o servidor envia resultado do *servlet* ao cliente.

No caso do sistema desenvolvido, o Servlet é composto por diversos serviços para fornecer as informações necessárias ao applet. Assim: i) este mostra os arquivos disponíveis para a repetição animada e permite selecioná-los (ServletMostraArquivos); ii) carrega o Applet no cliente com informações sobre a localização do arquivo no servidor (ServletChamaApplet); iii) Fornece um arquivo de configuração que mostra qual a estrutura dos dados que serão enviados e como esses dados poderão ser obtidos (ServletFields). Iv) fornece um pacote de dados referente a um intervalo de um vôo e tamanho total do arquivo (ServletPegaVec).

3. Interfaces com o usuário:

São mostradas a seguir as interfaces gráficas apresentadas ao usuário do sistema.

A primeira tela que o usuário encontra é a tela que solicita a escolha do arquivo de voo que ele deseja visualizar (). Ela é obtida através de um navegador web (Netscape ou Internet Explorer), digitando a URL do servidor de dados.



a) Interfaces de seleção de arquivo de voo (em html)

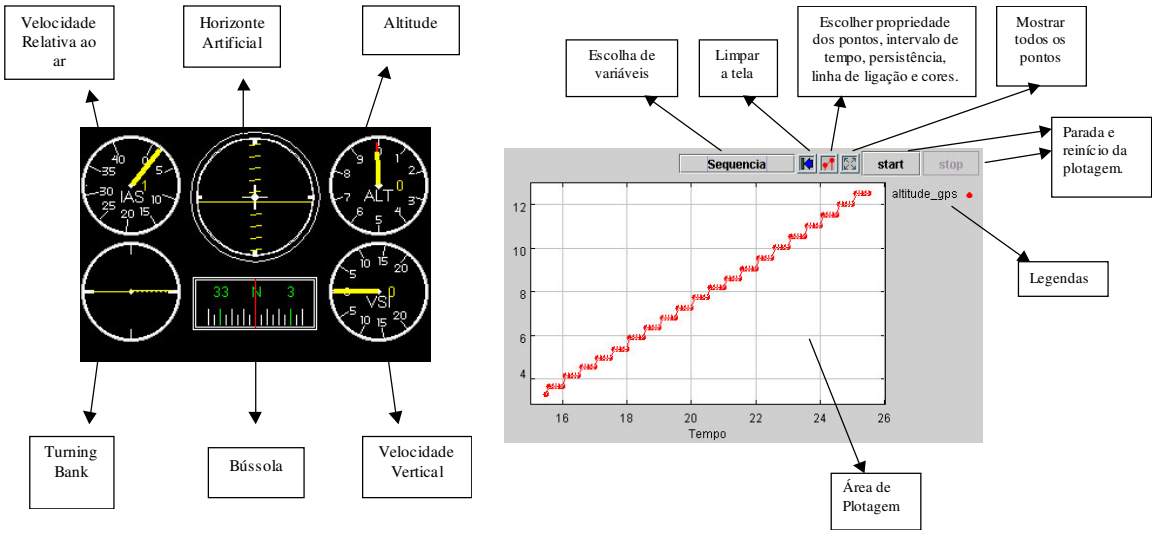
b) Interface do Remoteview

Figura 8: Interfaces com o usário.

Após selecionar o arquivo que deseja utilizar mostrado na Figura 8-a, será carregado um o applet com a interface gráfica Remoteview, que é apresentada na Figura 8-b. Nela se encontram as ferramentas necessárias para o playback do arquivo de voo, um barra de posicionamento no decorrer do arquivo, opção para seleção de plotagem em tempo real e opções para instanciar o Painel Avionica, Plotador bidimensional, e futuramente um visualizador 3D. O Painel avionica é e plotador bidimensional são mostrados na Figura 9.

O Plotador de variáveis permite a plotagem combinada de várias variáveis ao mesmo tempo, seleção de variáveis combinadas como longitude e latitude para posicionamento, zoom infinito, escolha da quantidade e intervalo de tempo entre os

pontos, opção colorido ou monocromático, linha de ligação entre os pontos e pausa e reinício da plotagem. A interface é mostrada na Figura 9-b.



a) Interface Painel Aviônica b) Plotador bidimensional

Figura 9: Painel Aviônica e plotador bidimensional.

4. Conclusões

Este trabalho mostrou a evolução realizada na infra-estrutura em terra para o drigivel robótico, no contexto do projeto AURORA.

Estes trabalhos foram de extrema valia para todos os envolvidos por possibilitar que conceitos associados a diversas áreas do conhecimento fossem empregadas de maneira a colaborar substancialmente para o desenvolvimento acadêmico e científico dos alunos.

5. Agradecimentos

Os autores agradecem ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC) do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo suporte ao bolsista.

6. Referências

[1] Ramos, J. J.G.; de Paiva, E.C., Azinheira, J.R.; Bueno, S.S.; Maeta, S.M.; Mirisola, L.G.B.; Bergerman, M., Faria, B. "Autonomous Flight Experiment With A Robotic Unmanned Airship", 2001 IEEE International Conference on Robotics and Automation ICRA2001, Seoul, Coreia do Sul

[2] Ramos, J. J.G "Contribuições para o Desenvolvimento de um dirigivel robótico". Tese de Doutorado apresentado a Univ. Federal de Santa Catarina, 2002.

Interface gráfica para tratamento de imagens médicas

Glauco B. C. Silva; Jorge V. L. da Silva; Ailton S. Barbara
Centro de Pesquisa Renato Archer – CenPRA
Laboratório de Tecnologias para Desenvolvimento de Produtos – LTDP
Rod. D. Pedro I, Km 143,6
Campinas SP 13082-120
{glauco.silva; jorge.silva; ailton.santa-barbara}@cenpra.gov.br

Resumo

Este artigo apresenta o desenvolvimento de um módulo de software para executar uma interface gráfica de Visualização e Análise de Imagens Médicas – PROMED – PROtotipagem rápida em MEDicina, visando o processamento de imagens médicas obtidas de tomógrafos computadorizados e aparelhos de ressonância magnética e a sua integração com equipamentos de prototipagem. Foi utilizada a ferramenta Python para o desenvolvimento desse módulo assim como alguns módulos complementares e VTK – Visual Toolkit como ferramenta para manipulação de imagens incluindo uma interatividade com aplicações escritas em C.

Palavras chaves : Interface Gráfica, Python, Imagens Médicas

1. Introdução

O presente trabalho se insere nas atividades do Laboratório de Tecnologias para Desenvolvimento de Produtos – LTDP do Centro de Pesquisa Renato Archer – CenPRA para o desenvolvimento de projeto de pesquisa denominado PROMED – PROtotipagem rápida em MEDicina.

A motivação principal é a de disponibilizar, integrar e difundir sistemas computacionais, metodologias e utilização de prototipagem na medicina com objetivos de reduzir custos de cirurgias e diminuir possíveis erros médicos decorrentes de informações insuficientes para um planejamento cirúrgico eficiente. A utilização integrada destas tecnologias fornece aos médicos e cirurgiões um modelo físico de estruturas internas do corpo humano para melhor planejar e preparar cirurgias complexas, que se feitas com mais sucesso têm menor custo associado com tratamentos cirúrgicos, riscos e sofrimento do paciente reduzidos, o que aumenta substancialmente a qualidade dos resultados como um todo.

O módulo de Visualização e Análise de Imagens pode ser visto como uma especificação funcional do *software* como um todo. Além de definir as metodologias de programação da interface, foi definida também toda a funcionalidade que este sistema oferecerá.

Para desenvolver este módulo, foi escolhida como ferramenta de desenvolvimento a linguagem Python [1], e alguns módulos complementares : módulo *Numeric* , módulo Imagem e módulo de interface *Tkinter* e *Pmw* disponibilizados com código fonte.

O módulo *Numeric Python* (*NumPy*) é um módulo que permite a manipulação com maior eficiência de conjuntos de objetos ou *arrays*, onde esse *arrays* podem ser de uma (similar à seqüências) ou mais dimensões (similar à matrizes). *Numpy* foi criada com base em uma série de outras linguagens familiares como *Basis*, *Matlab*, *Fortran* , S and S++, entre outras.

O módulo Imagem (*Image*) é um módulo usado para o processamento de imagens no interpretador Python. Sendo que para manipular as imagens, montar o volume, e exibir modificações destas, foi necessário a utilização de uma ferramenta de visualização denominada VTK [2].

O módulo *Tkinter* e *Pmw* são módulos usados para a programação de interfaces. *Tkinter* contém uma coleção de *Tk Widgets* que contém a maioria das aplicações necessárias. *Pmw* são janelas compostas escritas completamente em Python usando *Tkinter* como base (*megawidgets*).

Pode-se ligar o interpretador Python com aplicações escritas em C e usá-las como uma extensão ou linguagem de comando para aquela aplicação. Para ligar o interpretador Python com aplicações em C foi necessária a utilização da ferramenta de conversão *Swig*, convertendo módulos C em bibliotecas dinâmicas (.dll para Windows e .so para Linux) para serem importadas no Python.

Optamos em desenvolver o *software* de interface em plataforma Windows e o desenvolvimento de ferramentas em Linux, depois partimos par o desenvolvimento apenas no Linux. A adaptação do software para a plataforma Windows exige algumas modificações mais detalhadas quem necessitam um pouco mais de estudo.

2. Ferramenta Python

Um enfoque que será dado aqui é o estudo da viabilidade de se utilizar a linguagem de programação Python. É simples de usar, oferece melhor estrutura, suporte e verificação de erros que a linguagem C, tem *arrays* flexíveis e dicionário de dados que são difíceis de se implementar em C, é aplicável a um domínio de problemas muito maior que outras linguagens podem oferecer, tem uma grande coleção de módulos que fornecem I/O, chamadas ao sistema, *sockets*, interfaces para *toolkits* GUI [3].

Por ser uma linguagem interpretada, economiza tempo no desenvolvimento, é extensível, novas funções e módulos podem ser acrescentados ao interpretador. Alem de ser de aplicação multiplataforma, Windows, Linux, Mac. O interpretador Python poder ser ligado com aplicações em C. Outras ferramentas como VTK que é utilizada no projeto para a manipulação das imagens médicas, podem ser usadas pelo interpretador Python.

As dificuldades para o aprendizado da linguagem Python é grande devido uma escassez de referências aos módulos (bibliotecas), sendo eles muitas vezes incompletos e pouco ilustrativo. Alguns módulos se encontram com *bugs* de difícil percepção e que são corrigidos ao surgimento de novas versões. As ajudas on-line são muitas proveitosas mas demoradas, pois necessita de uma boa vontade dos programadores mais experientes.

4. Funcionalidade Implementada

O desenvolvimento da interface se deu baseado nos requisitos e exigências de profissionais da área médica, servindo-se de suas experiências e formas de interagir com sistemas computacionais, para visualização de imagens médicas de modo a facilitar o entendimento e manuseio da interface proposta.

Foi desenvolvida uma interface que atendesse todos requisitos utilizados por profissionais da área médica além de aplicações novas para ajuda-los na análise dos casos.

A tela inicial do projeto está implementada contendo um menu principal denominado *Arquivo*, contendo itens como *Abrir* – para que o usuário possa abrir projetos prontos; *Novo* – onde o usuário pode montar um novo projeto importando imagens *Dicon* vindas de tomógrafos e aparelhos de ressonância magnética; além de outros itens com *Importar* – para aderir novas imagens a um projeto (Figura 1); *Salvar* e *Salvar Como* – para salvar projetos novos ou modificados; *Conversor* – para a conversão de imagens para tipos diferentes; *Organizar Imagens* – para visualizar todas as imagens do projeto de duas em duas ou de oito em oito imagens ao mesmo tempo, tendo a possibilidade de remover imagens indesejáveis, podendo também escolher quaisquer três imagens do projeto e observa-las logo abaixo. Caso as imagens abertas ao criar um novo projeto não forem do formato *Dicon*, é aberta uma nova janela onde o usuário pode fornecer informações sobre as imagens para que ela possa ser aberta normalmente.

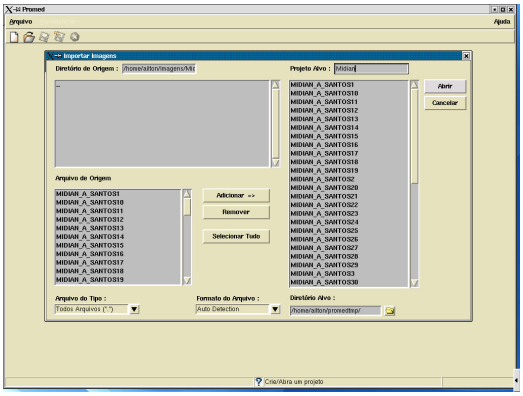


Figura 1 – Interface para montagem de Estudo

Foram desenvolvidas interfaces que ao abrir ou criar um novo projeto o usuário tem a possibilidade de ver imagem por imagem como de costume em formato *axial*, podendo vê-las no formato *coronal* e *sagital*. O usuário tem a possibilidade de montar um projeto com várias imagens e montar um volume com todas elas, ajudando na análise do caso em questão, podendo traçar planos *axiais*, *coronais* e *sagitais* (Figura 2). Há a possibilidade de em uma nova janela, o usuário poder traçar planos oblíquos no volume e visualizar o corte feito em uma imagem ao lado. Vale lembrar que todas as imagens 2D são vistas com o fundo preto e a imagem branca, assim como é vista normalmente em um tomógrafo, enquanto as imagens 3D (volume com todas as fatias) podem ser vistas e várias cores alem de poder escolher o objeto de visualização (pele, osso, etc...). Qualquer imagem vista na tela pode ser impressa e imagens da janela *Organizar Imagens* (Figura 3) podem ser salvas em vários formatos como GIF, BMP, JPEG, TIF e PPM.

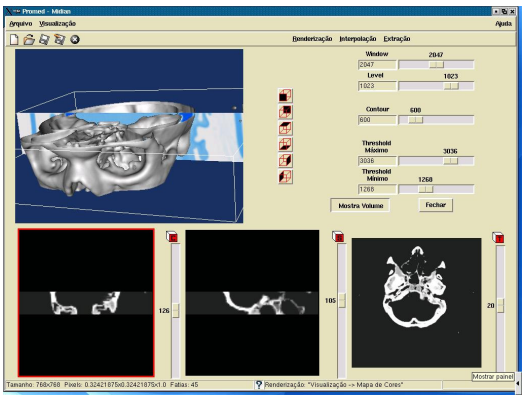


Figura 2 – Segmentação e Visualização 3D

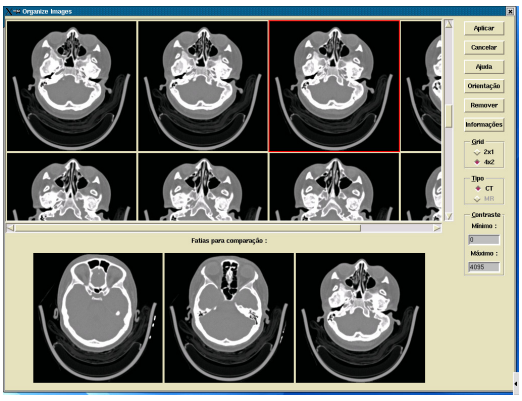


Figura 3 – Imagens Organizadas

Foi implementada também uma janela que assim que o usuário montar o projeto e através dos recursos existentes escolher o volume desejado da forma desejado, possa gerar um arquivo STL para poder montar um protótipo para um

melhor entendimento do caso, facilitando no caso de uma possível cirurgia, diminuindo o risco de um erro.

5. Conclusão

Em virtude de Python ser uma linguagem nova, há uma certa dificuldade no seu aprendizado, pois não há disponíveis apostilas e referências adequadas e de fácil entendimento. Na implementação de uma interface amigável e prática, para que profissionais da área médica possam manusear o *software* com facilidade e rapidez, pode haver uma grande dificuldade para leigos da área médica uma vez que não há um conhecimento do linguajar desses profissionais, sendo necessário uma maior pesquisa para descobrir a melhor interface possível uma vez que eles não podem perder tempo para decifrar o que está sendo mostrado.

A interface é de boa utilidade e bastante prática do ponto de vista médico, pois possuí linguajares adequados, tendo uma boa visualização e manuseio aprovada pelos próprios profissionais. Possui novos recursos não disponíveis que podem ajudá-los na análise dos casos. Esses novos recursos ajudam os médicos para minimizar o risco e o tempo de uma cirurgia.

Em um futuro próximo o *software* estará disponível para as redes públicas e com isso teremos um respaldo dos médicos para um melhoramento da interface tais como botões, termos usados, cores, *bugs*, entre outros. Será também melhorada a parte de manipulação de memória uma vez que por manipular imagens o *software* necessita de computadores mais potentes e por sua vez caros, inviáveis para redes públicas.

6. Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq pela cota institucional de bolsas de iniciação científica – PIBIC, ao CenPRA.

7. Referências

[1] LUTZ, Mark.; Programing Python: Solutions for Python Programmers. 2nd ed. O'Reilly, Sebastopol, CA, March 2001.

[2] SCHROEDER, Will; MARTIN, Ken; LORENSEN, Bill; The Visualization Toolkit: An Object-Oriented Approach to 3D Graphics. 2nd ed. Prentice Hall PTR, Upper Saddle River, NJ, 1998.

[3] GRAYSON, John E.; Python and Tkinter Programming: Graphical user interfaces for Python programs. 2nd corrected printing. Manning, Greenwich, CT, 2000.

[4] BEAZLEY, David M.; Python Essential Reference. New Riders, Indianapolis, IN, 2000.

Inovação e transferência de tecnologia: Estudo sobre comportamento de pesquisadores em universidade

Luiz G. Romani; Marco A. Silveira
gustavo.romani@yahoo.com; marco.silveira@cenpra.gov.br
CenPRA – Centro de Pesquisas Renato Archer
CenPRA/LTG - Laboratório de Tecnologia de Gestão de Empresas

Resumo

Este trabalho teve por objetivo estudar o comportamento dos pesquisadores da Universidade Estadual de Campinas/UNICAMP com relação à difusão e transferência de tecnologia. Após, ter sido feito um levantamento, em parceria com o Escritório de Difusão e Transferência de Tecnologia da UNICAMP/EDISTEC, os dados foram analisados através da Análise de Correspondência Múltipla, metodologia que fornece informações difíceis de prever em uma simples análise de gráficos e freqüências. Os dados foram obtidos através de um questionário enviado aos pesquisadores da universidade, composto por questões de identificação do respondente, identificação da empresa e do tipo de parceria que foi realizada. As demais questões apresentadas nos questionários buscam informações sobre trabalhos de pesquisa ou serviços prestados pelos pesquisadores a outras instituições. As respostas obtidas são todas categóricas, o que justifica a utilização de tal metodologia. Os resultados dizem respeito ao comportamento e dos pesquisadores com relação à transferência de tecnologia buscando principalmente a relação entre a opinião do pesquisador com relação ao projeto realizado e o regime de trabalho.

Palavras chave: Inovação tecnológica, Gestão estratégica, Análise de Correspondência Múltipla

1. Metodologia

Foram obtidos 71 questionarios respondidos que são compostos por 3 tipos de questões:

1-Identificação do respondente:titulação e situação funcional

2-Mecanismos de interação:tipo de projeto realizado

3-Avaliação dos resultados da interação:opinião do respondente com relação aos resultados do projeto

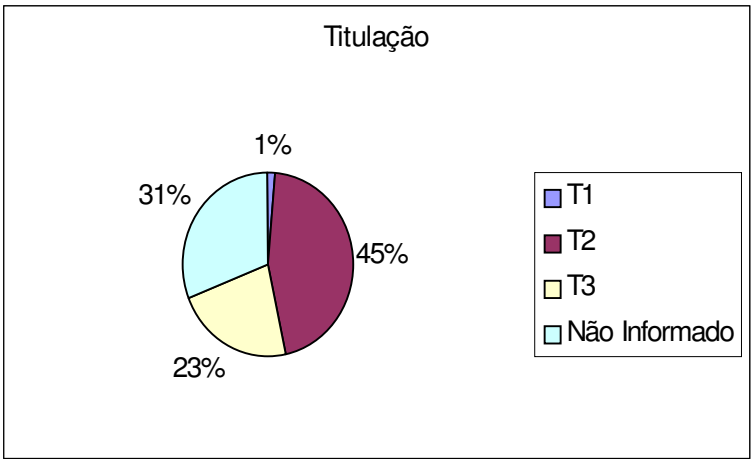
Como as respostas são todas categorias, primeiramente foi feita uma análise exploratória observando-se a freqüência obtida de cada resposta. A importância deste estudo primário serve para certificação de que a metodologia sugerida possa ser aplicada sem maiores problemas, com relação a tamanho de amostra e aleatorização. As questões sobre a opinião do pesquisador com relação aos resultados obtidos foram apresentadas na análise como ponto suplementar. Ou seja, funciona como uma variável resposta que pode ser explicada através de outras variáveis chamada explanatórias.

A interpretação dos resultados também é simples e não requer grandes conhecimentos em teoria estatística. As associações entre categorias são claramente apresentadas em um gráfico e podem ser analisadas sem restrições teóricas partindo diretamente do ponto de vista do pesquisador e do objetivo da pesquisa.

2. Resultados obtidos

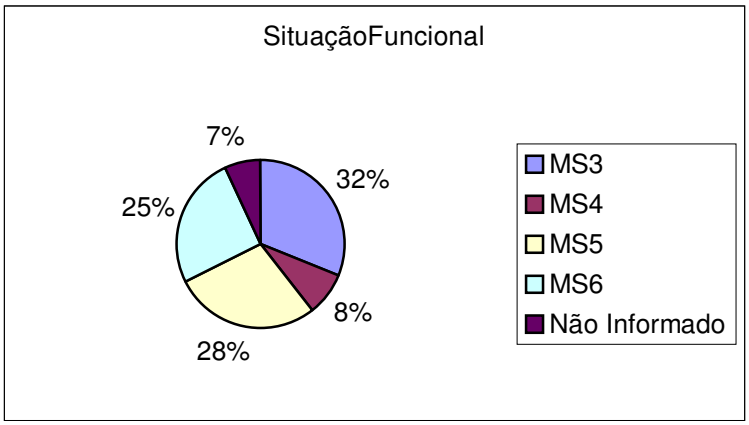
Os resultados apresentados aqui, primeiramente, serão as freqüências referentes à situação funcional, titulação e avaliação dos resultados obtidos. A análise de correspondência múltipla será apresentada após a descrição do que ocorre com as principais variáveis contidas no estudo.

Perfil dos respondentes

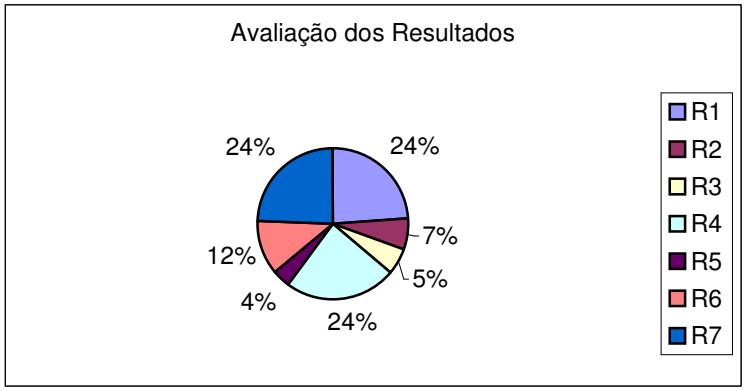


T1	Mestre
T2	Doutor
T3	Livre Docente

A maioria dos pesquisadores não informou a titulação e predominam ainda os professores doutores com 45%



Da mesma forma que a Titulação, a maioria não informou a situação funcional. Predominam os pesquisadores MS3 com 32%.

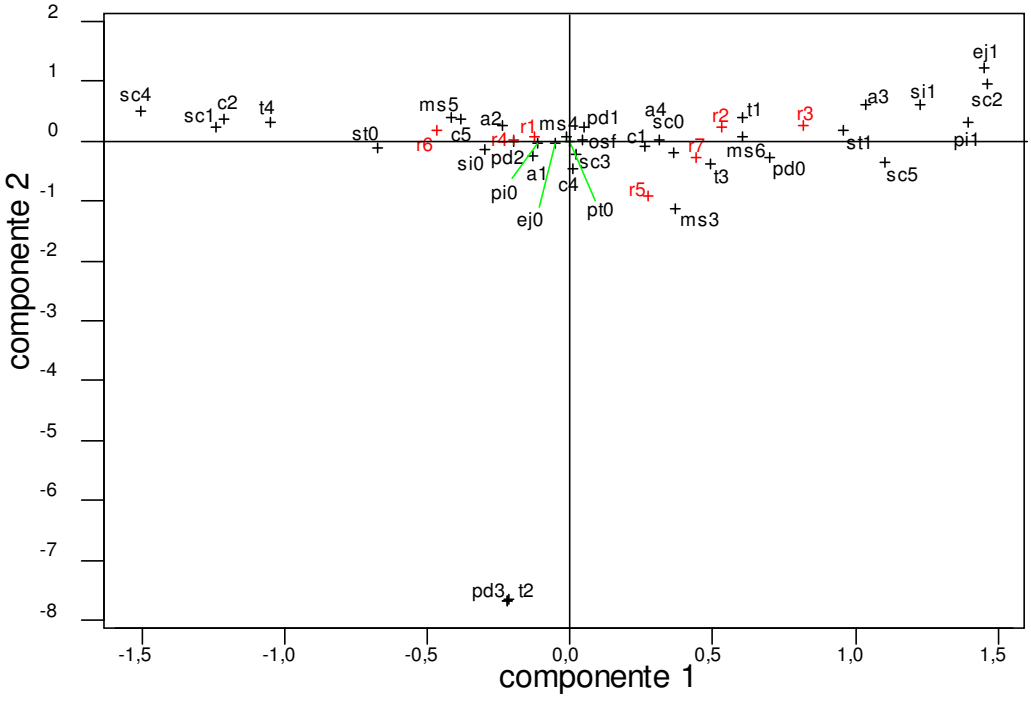


R1	Desenvolvimento de novo produto
R2	Comercializaçã o de novo produto
R3	Patente de produto
R4	Papers
R5	Estagio de estudante na empresa
R6	Capacitação de pesquisador
R7	Outra

Na avaliação dos resultados, que é a opinião do pesquisador com relação ao projeto desenvolvido, predominam as respostas que refletem a obtenção de benefícios tanto para o pesquisador como para a empresa. Os papers publicados e o Desenvolvimento de um novo produto apareceram com grande freqüência.

4. Resultados da Análise de Correspondência

Gráfico das componentes das categorias



Os pontos que aparecem neste gráfico são as categorias existentes em cada variável utilizada. Estes pontos são mostrados de acordo com as duas componentes extraídas pelo método aplicado.

Categorias que aparecem próximas tem forte associação entre si. Se estiverem muito próximas da origem sua influencia é muito pequena.

5. Conclusões

Os resultados apresentados, mesmo não sendo conclusivos, uma vez que a taxa de resposta ao questionário enviado foi relativamente baixa, permitiram fazer um mapeamento inicial do comportamento dos pesquisadores da UNICAMP.

6. Agradecimentos

Ao PIBIC/CNPq, pela viabilização do projeto. À FACECAP – Faculdade Cenecista de Capivari – pelas bolsas concedidas para levantamento das informações junto aos pesquisadores da UNICAMP.

7. Referências Bibliográficas

CHAIMOVICH, Hernan. “Por uma relação mutuamente proveitosa entre universidade de pesquisa e empresas”. Revista de Administração. Universidade de São Paulo, v.34, n.4, p.18-22, out/dez 1999.

GRYNSZPAN, Flávio. “A visão empresarial da cooperação com a universidade”. Revista de Administração. Universidade de São Paulo, vol.34, n.4, p.23-31, out/dez 1999.

MARCOVITCH, Jacques. “A cooperação da universidade moderna com o setor empresarial”. Revista de Administração. Universidade de São Paulo, v.34, n.4, p.13-17, out/dez 1999.

Segmentação de Imagens Médicas

João Paulo Simonaio Pompei; Marcelo de Pierre Amati; Jorge V. L. da Silva; Ailton Santa Bárbara
Centro de Pesquisas Renato Archer - CenPRA
Laboratório de Tecnologia para Desenvolvimento de Produtos -LTDP
Rod. D. Pedro I, Km 143,6 – Campinas, 13082-120
{joao.pompei; marcelo.amati; jorge.silva; ailton.santa-barbara}@cenpra.gov.br

Resumo

Este artigo descreve as caraterísticas principais do processo de segmentação de imagens médicas implementado no projeto PROMED (Prototipagem Rápida em Medicina). Os métodos de segmentação utilizados buscam uma solução automática ou interativa para esse processo, possibilitando sua utilização por especialistas da área médica com poucos conhecimentos em processamento de imagens. Há ainda uma breve descrição da implementação desse procedimento utilizando-se o VTK (The Visualization Toolkit) , um conjunto de classes com aplicações voltadas para a visualização e o processamento de imagens.

Palavras chave: segmentação, PROMED, VTK, processamento de imagens.

1. Introdução

O presente trabalho se insere nas atividades do Laboratório de Tecnologias para Desenvolvimento de Produtos – LTDP, do CenPRA, para desenvolvimento de projeto de pesquisa denominado PROtotipagem rápida em MEDicina, visando o processamento de imagens médicas obtidas de tomógrafos computadorizados e aparelhos de ressonância magnética, e a sua integração com equipamentos de prototipagem rápida. A motivação principal é a de disponibilizar, integrar e difundir sistemas computacionais, metodologias e utilização de prototipagem na medicina com objetivos de reduzir custos de cirurgias e melhorar a qualidade das informações para um planejamento cirúrgico eficiente.

Aplicações de tecnologias de prototipagem rápida em medicina, um campo novo e excitante, possível devido à convergência de três tecnologias distintas: aquisição de imagens médicas, computação gráfica e prototipagem rápida. As imagens médicas são obtidas em forma digital com o uso de tomógrafos computadorizados-TC ou ressonância magnética - RM. Em seguida são exportadas para *softwares* especiais de computação gráfica que permitem inicialmente uma conversão dos dados recebidos, que compõem a imagem, e posteriormente o processamento destes dados de modo a definir uma estrutura anatômica de interesse. Este processamento da imagem consiste na segmentação de um objeto de interesse na imagem, que pode ser uma estrutura óssea, um órgão, ou mesmo um vaso sangüíneo. As metodologias a serem utilizadas e seus resultados variam de acordo com o que se vai segmentar. Como citado anteriormente, imagens medicas são obtidas em formato 2D e/ou conjuntos de dados volumétricos 3D. Métodos de visão de computador e processamento de imagem delineiam um número grande de alternativas, indo de paradigmas baseados em modelo, conhecimento e físicos, a técnicas morfológicas e conexionistas.

A estrutura segmentada é representada por um conjunto de dados otimizados, utilizados na construção de uma representação 3D da estrutura em estudo. São estruturas de dados complexas, não lineares, e com contrastes difíceis

de se distinguir. Esta representação da estrutura é então exportada em formatos específicos que serão interpretados por sistemas de prototipagem rápida, permitindo a geração de modelos físicos da estrutura em estudo. A qualidade do modelo físico resultante da prototipagem depende diretamente da precisão dos resultados obtidos na fase de segmentação.

2. O processo de Segmentação

Uma fatia é uma imagem 2D composta por uma série de números que representam a atenuação de raios-X, no caso de tomógrafos, ou a relaxação à magnetização, no caso de ressonância magnética. Arranjados em matrizes, essa imensa quantidades de números é associada a escalas de cinza; modernos algoritmos são capazes de gerar imagens a partir desses valores. O que o computador representa como uma série de números, nós vemos como uma seção bidimensional do corpo humano: pele, osso e músculos estão ali presentes. Resultados visuais impressionantes são possíveis quando nós estendemos essas técnicas para o espaço tridimensional . A presença de um pequeno espaçamento entre essas imagens 2D permite, com a aplicação de poderosos algoritmos computacionais, a reconstrução de um volume fiel àquele gerador das fatias.

A segmentação consiste da subdivisão de uma imagem em suas partes constituintes ou objetos, onde um objeto nesse contexto refere-se a uma componente conexa. Após a segmentação, cada objeto é descrito com relação às suas propriedades geométricas e topológicas. Baseando-se nessa descrição, o reconhecimento de cada objeto resulta em uma imagem mapeada de tal forma que cada *pixel* possui uma classificação; *pixels* que pertencem a objetos diferentes têm associadas classificações distintas. Portanto, seu objetivo é identificar os *pixels* que pertencem a uma estrutura de interesse. Para tanto, são exploradas características de similaridade, descontinuidade e conectividade decorrentes da distribuição de densidade de *pixels*. Esse procedimento pode ser uma das mais difíceis tarefas no processo de visualização.

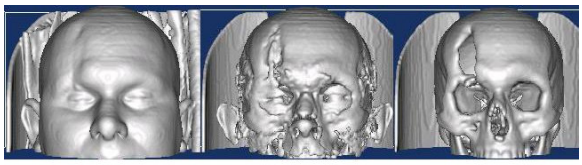


Figura 1 – Segmentação por limiar

A principal diferença entre as técnicas de segmentação está na forma como estas características são exploradas. As técnicas de segmentação mais utilizadas são o *thresholding* (métodos baseados na escolha de valores de limiar), métodos baseados no crescimento de regiões e métodos utilizados na detecção de bordas (contorno). *Thresholding* e contorno são os métodos de segmentação utilizados no sistema desenvolvido.

Pode-se afirmar que contorno é o principal método de segmentação utilizado no sistema desenvolvido. Quando observamos uma superfície colorida, nossos olhos freqüentemente dissociam áreas com coloração diferente, gerando, dessa forma, áreas bem definidas de visualização. Aplicando-se o contorno num conjunto de dados, efetivamente há uma delimitação de fronteiras. Tais fronteiras correspondem a linhas de contorno (quando o contorno é aplicado a uma imagem bidimensional) ou a superfícies (quando o mesmo é aplicado a objetos tridimensionais) de valores escalares constantes. Exemplos de contorno 2D incluem os tradicionais mapas do tempo, que apresentam isotermas, ou mapas de topologia, que apresentam áreas com elevação constante. Contornos Tridimensionais são chamados isosuperfícies, que podem ter suas representações aproximadas por primitivas poligonais. No caso específico do VTK *(The*

Visualization Toolkit), após o processo de extração de superfície com o algoritmo *Marching Cubes* (utilizado no sistema desenvolvido e baseado em contorno), as primitivas observadas são triângulos.

Um outro método de segmentação que o sistema oferece é o por limiar (*threshold*). O método de limiar é um filtro que extrai *pixels* que satisfazem um critério de limiar. É definido que um *pixel* satisfaz um critério se o seu valor escalar atender os três requisitos: maior que uma valor particular, menor que um valor ou entre dois valores. A identificação por limiar de uma estrutura óssea envolvida por músculos, gordura e pele, cujas imagens foram obtidas através de tomografia computadorizada (TC) ou ressonância magnética (RM) é um processo fundamental no sistema desenvolvido.

Anteriormente ao início da implementação, definiu-se uma série de requisitos essenciais ao contexto de utilização do sistema proposto. Dentre eles, destacam-se três: busca de modelos computacionais úteis e eficientes ao raciocínio visual, que trabalhem com mecanismos apropriados para organizar, representar e analisar a informação extraída; presença de modelos úteis para inferir informação estrutural de uma imagem funcional; e, finalmente, utilização de algoritmos de segmentação robustos, capazes de manipular um conjunto de dados volumétricos incompletos, ruidosos ou enganosos.

A seguir, será feita uma breve descrição da implementação efetuada em *VTK*, um conjunto de classes escritas em C++ com aplicações voltadas para a visualização e para o processamento de imagens.

3. Implementação

A aquisição dos dados para segmentação geralmente é feita com a orientação axial. Para o estudo das orientações sagital e coronal, o sistema utiliza-se do método *SetTransform*, que permite rearranjar os dados axiais em memória de forma que seja possível a observação dessas orientações.

Com relação à segmentação, o sistema desenvolvido apresenta uma interdependência entre os dois métodos utilizados (limiar e contorno), possibilitando, dessa forma, três maneiras distintas de fazê-la: segmentação por contorno, segmentação por limiar e segmentação por aplicação de valor de contorno num certo limiar.

A segmentação exclusivamente por limiar está presente no método de renderização denominado "*Composite*". Associou-se a classe *vtkImageThreshold* ao método de renderização *Ray Casting*, cuja função de filtro aplicado foi *Composite*. Na prática, definem-se os valores máximo e mínimo de limiar e observa-se o conjunto de *pixels* que encontram-se nesse intervalo.

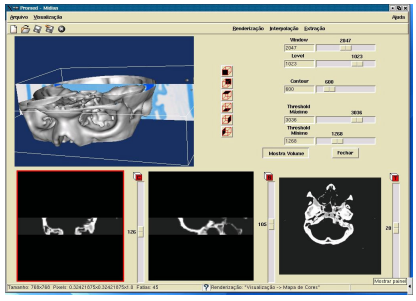


Figura 2 – Segmentação do Promed

Na segmentação por contorno associada com segmentação por limiar, utilizou-se a classe *vtkImageThreshold* também associada ao método de renderização *Ray Casting*. A função de filtro para renderização utilizada foi *Isosurface*, única diferença em relação à implementação por limiar. deve-se variar concomitantemente limiar e contorno para chegar-se ao objeto de interesse.

Finalmente, a segmentação exclusivamente por contorno foi implementada com duas classes distintas: *vtkMarchinCubes* e *vtkContourFilter*. Basta definir-se um valor de contorno e observar-se os resultados, via de regra, belíssimos. Destaca-se a opção mapa de cores, em que é possível executar diferentes

mapeamentos de cores sobre um volume. Como resultado, observa-se um objeto cuja coloração fornece informações sobre as densidades do volume analisado. Um especialista poderia utilizar essa ferramenta para descobrir o local adequado de incisão de um pino, por exemplo, baseado na informação de densidade do osso.

O sistema oferece ainda a possibilidade de corte numa segmentação. Para isso, utilizam-se os princípios *DataVOI* do *VTK*, em que pode-se selecionar áreas de interesse, eliminando assim estruturas indesejadas. O volume de interesse resultante pode propiciar tanto uma observação de estruturas internas, não visíveis numa renderização inicial, quanto uma melhora de desempenho nas operações de rotação, *zoom* e translação executadas sobre aquele, já que o volume de dados processados são menores.

4. Conclusão

O conjunto de métodos de segmentação provido pelo sistema desenvolvido atende perfeitamente aos requisitos da visualização bucomaxilofacial atual. Apesar disso, já se pode prever para um futuro próximo outros tipos de segmentação. Os mais promissores são a segmentação multiespectral, a segmentação de crescimento de região com limiar e a segmentação utilizando-se filtros morfológicos.

É mais fácil visualizar estruturas e informações em imagens coloridas do que em níveis de cinza. Ao separar os componentes coloridos azul, vermelho e verde da imagem, aplicando um limiar em cada componente e combinando-os com filtros morfológicos, obtém-se uma imagem binária, segmentada em estruturas mais sensíveis e normalmente mais difíceis de se visualizar. Esta segmentação multiespectral pode não ter somente a cor como informação. Com somente um componente, imagens adicionais podem ser criadas a partir de informação espacial utilizando filtros espaciais, e combinadas com a imagem original obter a segmentação desejada.

Pode-se ainda citar a existência de algoritmos capazes de automatizar a seleção do melhor tipo de segmentação. Tais algoritmos estão ainda em fase inicial de desenvolvimento.

5. Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq pela quota institucional de bolsas de iniciação científica PIBIC, ao CenPRA.

6. Referências

[1] SCHROEDER, WILLIAM J.; MARTIN, KENNETH M.; LORENSEN, BILL. “The Visualization Toolkit – An Object-Oriented Approach to 3D Graphics”, Prentice Hall PTR, 2001.

[2] SCHROEDER, WILLIAM J.; AVILA, LISA S.; MARTIN, KENNETH M.; HOFFMAN, WILLIAM A.; LAW, CHARLES. “The Visualization Toolkit – User’s Guide”, Kitware, Inc., 2001.

[3] Kitware. “Kitware VTK” Disponível em: http://www.kitware.com/vtk/index.html. Acesso em: 10 novembro 2002

[4] FALCÃO, ALEXANDRE XAVIER. “Visualização de Volumes Aplicada à Área Médica”, Universidade Estadual de Campinas, 1999.

Seqüenciamento de Processos Industriais Utilizando Meta-heurísticas

Luiz Gustavo P. Nazareth & Carlos A. S. Passos
Centro de Pesquisas Renato Archer - CenPRA
Rod. D. Pedro I, Km 143,6, Campinas, São Paulo, CEP: 13082-120
{luiz.nazareth; carlos.passos}@cenpra.gov.br

Resumo

Este artigo apresenta um estudo sobre algoritmos de seqüenciamento de processos industriais utilizando Busca Tabu e Algoritmos Genéticos. Uma maior ênfase é dada aos problemas do tipo flowshop, considerando limitação na oferta de recursos, problemas típicos de Industrias de Processos Químicos. Meta-heurísticas como a Busca Tabu, quando comparadas a métodos de programação matemática e a heurísticas simples, têm encontrado soluções de boa qualidade e boa performance para problemas difíceis, como os de seqüenciamento de produção. A chave para alcançar bons resultados é conseguir uma condição de parada que nos de um equilíbrio entre a eficiência quanto ao tempo no processamento dos dados e a qualidade das respostas encontradas.

Palavras chave: Seqüenciamento, Busca Tabu, Algoritmos Genéticos.

1. Introdução

A acirrada competitividade no mercado das indústrias de processos químicos torna obrigatória à adoção de políticas de otimização pelas empresas, para se garantir boa performance de produção e produtos com preços baixos.
Nas indústrias químicas em geral encontramos problemas de Flowshop, onde a ordem de execução das operações é sempre a mesma para todos os produtos devido à similaridade dos mesmos e também devido à dificuldade de mudança das ligações entre as unidades do processo.

Meta-heurísticas têm mostrado ser abordagens muito efetivas para solução de vários problemas complexos. Entre elas, Busca Tabu, Algoritmos Genéticos e "*Simulated Annealing*" têm conseguido êxito em problemas de otimização, apresentando boa performance e soluções de boa qualidade, principalmente quando comparadas com as soluções clássicas para problemas de otimização.

A organização deste trabalho é a seguinte: a Seção 2 apresenta as características de processos *flowshop*, a Seção 3 contém discussões sobre técnicas meta-heurísticas, a Seção 4 mostra como a busca Tabu está sendo implementada, a Seção 5 discute métodos de condições de parada para o algoritmo implementado, a Seção 6 apresenta resultados obtidos em diversos testes de condições de parada.

2. O modelo de problemas de *flowshop*

O modelo *flowshop* é basicamente um fluxo unidirecional de produtos através das unidades de produção. Em outras palavras, a produto flui através da fábrica sempre na mesma direção, eventualmente um produto pode "pular" um estágio de produção, mas sempre mantendo o mesmo sentido de fluxo.

Uma definição formal pode ser encontrada em (Baker, 1994). A fábrica contém *M* máquinas distintas, e cada tarefa consiste de *M* operações, cada uma das quais requer uma máquina diferente. As máquinas em um *flowshop* são numeradas 1, 2, ..., *M*; e as operações da tarefa 1 são correspondentemente numeradas (*i*, 1), (*i*, 2), ..., (*i, M*). Cada tarefa pode ser tratada como se possuísse exatamente *M* operações. Para os casos nos quais existem menos operações, o tempo correspondente às operações inexistentes pode ser tomado como zero.

3.Técnicas meta-heurísticas

O problema de seqüenciamento pode ser abordado de várias maneiras. Desde uma abordagem simples, como a utilização de diagramas de Gantt – sem qualquer suporte computacional, até abordagens sofisticadas como métodos "*Branch and Bound*" ou Programação Dinâmica, por exemplo. Uma abordagem intermediária, variando desde soluções heurísticas até soluções ótimas, é a utilização de meta-heurísticas como: Busca Tabu, "*Simulated Annealing*", Algoritmos Genéticos e "*Beam Search*" (Khator *et al*, 1998). Estes métodos proporcionam soluções de alta qualidade com esforços computacionais razoáveis.

3.1 Busca Tabu

A busca Tabu pode ser descrita como uma "busca na vizinhança" com uma lista de posições visitadas recentemente. O termo Tabu vem do fato que as recentes posições visitadas não podem ser repetidas enquanto estiverem na lista. Várias mudanças são produzidas durante a busca de forma a melhorar a solução. A melhor solução encontrada é armazenada para ser utilizada caso nenhuma solução melhor seja encontrada pelo algoritmo. Quando um ótimo local é encontrado, uma mudança para uma posição pior pode ocorrer. Este método é classificado como método de intensificação/diversificação, onde as mudanças para o ótimo local são convergentes enquanto as mudanças para fora do máximo local são divergentes.

A Busca Tabu pode ser vista como um método de minimização de uma função objetivo *F*. A busca parte de uma solução inicial S e procura uma solução *S'* em sua vizinhança. Se *F(S') < F(S)*, então *S* recebe o valor de *S'* e a busca é reiniciada. Podendo-se adotar vários critérios de parada.

O algoritmo de Busca Tabu começa a partir de uma vizinhança de S e escolhe a melhor solução *S'* em sua vizinhança, não necessariamente melhor que a solução atual. No entanto, a mudança de *S* para *S'* pode gerar ciclos entre as soluções. Para que isto seja evitado é construída uma lista Tabu para restringir as mudanças. Estas restrições não agem isoladamente, sendo complementadas por critérios de aspiração, que permitem às posições que estão na lista serem aceitas. A condição de parada pode variar de acordo com os critérios adotados, mas normalmente o algoritmo pára após um determinado número de iterações.

Em geral o algoritmo de Busca Tabu pode ser descrito como abaixo:

Selecione uma solução inicial *S*, faça dela a melhor solução: $S^*=S$ e $F^*=F(S)$.
Repita um número fixo de iterações
  Encontre uma solução *S'* pertencente à vizinhança de *S* (V_S), onde $F(S^*)$ seja um mínimo em V_S
  Se a mudança de *S* para *S'* não é Tabu
    Então Se $F(S') < F^*$,
      $S^*=S$, $F^*=F(S)$ e
        S' é a solução atual e a lista Tabu é atualizada
    Se não a melhor solução em V_S será fixada
Fim-Repita

3.2 Algoritmos Genéticos

Essencialmente, tais algoritmos baseiam-se na Teoria da Seleção Natural, descrita no livro "*On the Origin of Species By Means Of Natural Selection*", publicado em 1858 pelos naturalistas ingleses Charles Darwin e Alfred Wallace, o qual condensa também contribuições de diversos outros naturalistas como Lamark, Linnaeus e Malthus sobre o processo de classificação biológica.

A Teoria da Seleção Natural supõe que a evolução das espécies está diretamente ligada à capacidade dos indivíduos se adaptarem ao seu habitat, onde

apenas os mais aptos sobrevivem e deixam descendentes. Nesse processo seletivo são gerados indivíduos com algumas características salientes, que se destacam dos demais de sua espécie. Com isso aumentam sua probabilidade de sobrevivência e geram descendentes ainda melhores, evoluindo a espécie quanto à sua adaptação ao meio ambiente. Por outro lado, indivíduos que não se destacam tendem a não sobreviverem e a não gerar descendentes, sendo gradativamente eliminados.

Os algoritmos genéticos procuram imitar, de uma forma computacional, algumas etapas desse processo evolutivo das espécies. Recebem esse nome porque assumem como referência a codificação de DNA, encontrada no núcleo da célula de cada indivíduo. Esse código genético é representado por cromossomos, que são cadeias de genes.

Durante a reprodução, aplicada através das operações de cruzamento (crossover), mutações e recombinações genéticas, os genes dos pais são misturados, gerando novos cromossomos que de uma forma organizada, combinam as características dos seus progenitores. O processo de seleção aproveita informações históricas dos melhores elementos (Azambuja *et al*, 1991).

A figura 1 mostra um fluxograma ilustrando o processo de implementação dos algoritmos genéticos, onde cada ciclo do laço de repetições representa uma geração. A cada geração, através da reprodução, são criados novos indivíduos formando uma nova população que será avaliada pelo processo de seleção, identificando-se assim, quais elementos darão continuidade ao processo evolutivo e quais serão descartados.

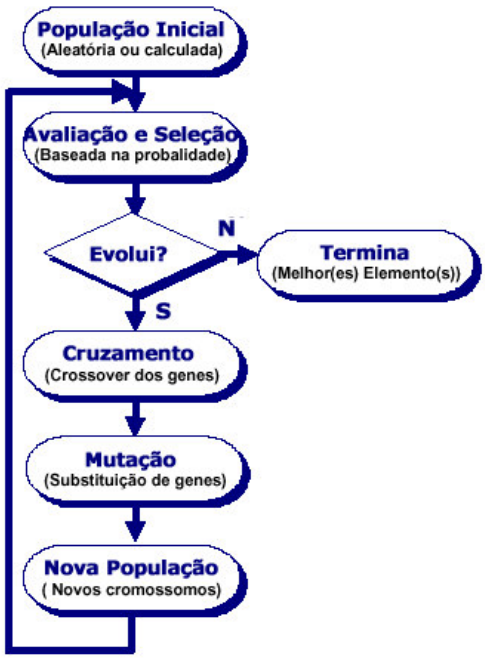


Figura1: Fluxograma dos Algoritmos Genéticos

4. Busca Tabu x Algoritmos Genéticos

Ambos os algoritmos usam como função objetivo para a solução do problema de seqüenciamento o cálculo do makespan, a principal diferença consiste na quantidade de possíveis soluções que são analisadas a cada iteração. A Busca Tabu analisa uma solução por vez, enquanto que para os Algoritmos Genéticos a cada iteração são analisadas todas as soluções que compõem a população. Ambos implementam mecanismos de troca. Na Busca Tabu a troca é feita entre pares de

tarefas alterando suas respectivas posições na seqüência. No algoritmo genético são implementados mecanismos de cruzamento de partes da seqüência e mecanismos de mutação para a formação de novas seqüências. Este último, é análogo ao utilizado na Busca Tabu.

5. Resultados Obtidos

Resultados obtidos com a Busca Tabu podem ser encontrados em (Passos *et al*, 2002), onde são apresentados diferentes critérios de parada do algoritmo baseado no número de iterações e na melhoria da solução. Estes resultados servirão de base para comparação de desempenho entre as duas abordagens.

A implementação utilizando Algoritmos Genéticos esta em fase de teste. Vários parâmetros estão sendo analisados, tais como: tamanho da população inicial, porcentagem de crossing over e mutação a serem aplicadas, e outros.

Nesta fase foram testadas populações com 10 e com 100 indivíduos, os resultados até o momento ainda não são totalmente satisfatórios. Espera-se que com o ajuste dos parâmetros estes resultados possam melhorar e serem mais significativos.

6. Conclusão

A abordagem de Busca Tabu para resolver o problema de seqüenciamento em flowshops na Indústria de Processos Químicos tem se mostrado bastante adequada. Os resultados obtidos são bastante promissores em termos do desempenho e da qualidade da solução.

A abordagem com Algoritmo Genético no estágio atual, necessita de ajustes nos parâmetros existentes para comparação com a Busca Tabu. Uma possibilidade interessante que se abre é a utilização de programação paralela. Como por exemplo, o calculo do makespan de cada indivíduo da população pode ser feito de uma maneira distribuída melhorando o desempenho global do algoritmo.

Vislumbra-se a combinação destas duas abordagens. Neste caso, vários caminhos podem ser trilhados. Um deles é utilização do algoritmo de busca tabu para gerar uma população inicial para ser utilizada pelo algoritmo genético. Outra possibilidade, esta mais sofisticada, é a combinação destes algoritmos em uma bordagem baseada em A-Teams (Cavalcante *et al*, 1996)

7. Referências

Azambuja, R. X; Santos, L.C.V, Escalonamento com restrição de recursos utilizando algoritmos genéticos, 2001.

Baker, K. R.; Introduction to Sequencing and Scheduling. John Wiley, 1974.

Cavalcante V.F.; Passos C.A.S. "Asynchronous Teams for Scheduling Problems in Chemical Plants". APMS' 96, Kyoto, Japão, nov. 1996.

Khator, S. K.; Panpalya K.; Tabu Search Based Scheduling of Single Batch Processing Machines. Proceedings of 14th International Conference on CAD/CAM, Robotics and Factories of Future, India, 1998.

Passos C.A.S.; Nazareth L.G.P. “Flowshop Scheduling in Chemical Process Industries using Tabu Search Algorithm”; 18th International Conference on CAD/CAM and Factories of the Future, INESC/Porto, Portugal, julho de 2002.

Agradecimento: A realização deste trabalho de iniciação científica foi possível devido à concessão de uma bolsa do PIBIC/CNPq.

Sistema PROMED: Importação de Dados de Equipamentos Médicos

Maurício C. Inforçati; Jorge V. L. da Silva; Ailton Santa-Bárbara
Centro de Pesquisas Renato Archer – CenPRA
Laboratório de Tecnologia de Desenvolvimento de Produtos – LTDP
Rod. D. Pedro I, Km 143,6 – Campinas, SP 13083-970
{mauricio.inforcati; jorge.silva; ailton.santa-barbara}@cenpra.gov.br

Resumo

O crescimento da tecnologia computacional aplicável à informática médica gera cada vez mais pesquisas em diversos centros e indústrias na tentativa de reproduzir fielmente o interior do corpo humano. Outrossim, a disseminação da computação gráfica e a difusão de técnicas de reconstrução de imagens, principalmente tridimensionais, instigam o desenvolvimento de um poderoso sistema capaz de reconstruir em um computador pessoal estruturas humanas obtidas por exames realizados em equipamentos como de tomografia computadorizada ou ressonância magnética. Este é o trabalho realizado no projeto PROMED e aqui é descrito o desenvolvimento de seu módulo de importação e exportação de dados, capaz de reconhecer informações provenientes de equipamentos diversos tais como Siemens, Toshiba, GE, entre outros, e convertê-las ao protocolo padrão ACR-NEMA DICOM cada vez mais utilizado no mundo de transmissão de imagens médicas e informações associadas. A possibilidade de extrair dos dados importados somente as imagens aliada a outras tecnologias do PROMED é de extrema importância para o alcance do objetivo principal do sistema: a construção de um modelo tridimensional compatível com máquinas geradoras de protótipos possibilitando a criação física da estrutura visualizada na tela de um computador.

Palavras Chave: PROMED, Conversão de dados, DICOM, Formato proprietário.

1. Introdução

A *Engenharia Biomédica* é uma área que vem se expandindo rapidamente nos últimos anos e refere-se basicamente às aplicações de técnicas e métodos de engenharia aos problemas das áreas das ciências da vida, especialmente a medicina. Recursos computacionais unidos a insubstituíveis intervenções humanas bastante têm contribuído para facilitar e estender as áreas de aplicações médicas.

O **PROMED**, em desenvolvimento pelo *Laboratório de Tecnologia para Desenvolvimento de Produtos* – LTDP do *Centro de Pesquisas Renato Archer CenPRA*, alia avançadas tecnologias de visualização de imagens médicas a um preciso método de criação de protótipos. Trata-se de um poderoso sistema capaz de oferecer no campo de diagnóstico e planejamento melhores soluções ao médico que analisa imagens provenientes de equipamentos tomográficos ou de ressonância magnética.

Além de possibilitar visualização digital das imagens no próprio consultório médico, o sistema oferece ainda excelentes facilidades gráficas que tornam mais aguçada a percepção do profissional quanto a eventuais alterações no quadro clínico do paciente. Disponibiliza recursos para visualização bidimensional das fatias do exame, como mostradas nos convencionais filmes impressos, e também a visualização do paciente em um espaço tridimensional. Visualizar, como exemplo, o crânio de um paciente, filtrando indesejáveis partes de sua estrutura (pele e outros tecidos) pode tornar mais preciso e eficiente o diagnóstico de eventuais enfermidades. Ademais, sendo necessária a intervenção cirúrgica, um protótipo

milimetricamente preciso da região a ser manipulada pode ser gerado e entregue ao cirurgião, com ajuda de um equipamento de prototipagem rápida. Desta maneira, um ensaio da intervenção no paciente pode ser realizado no protótipo fielmente construído por uma máquina de última geração. Comprovadas vantagens como a maior exatidão e redução no tempo da cirurgia impulsionam o uso deste sistema.

Para oferecer estas facilidades, o PROMED dispõe de um sistema de importação de dados bastante abrangente. A aquisição das imagens não é uma tarefa trivial. O advento de diversos fabricantes de equipamentos médicos trouxe consigo diversas formas de armazenar os dados captados. Equipamentos antigos armazenam os dados em formatos particulares ou *proprietários*. A problemática se mostra evidente: como saber reconhecer os dados visto que não existe um padrão definido?

Para solucionar este problema, na década de 80 um esforço conjunto do *American College of Radiology* (ACR) e da *National Electronics Manufacturers Association* (NEMA) permitiu a criação de um protocolo detalhado que descrevia meios de formatação e transmissão digital de imagens médicas (tomografia computadorizada, ressonância nuclear magnética, ultrassonografia, angiografia, radiografias-raiosX e outros) e informações associadas como diagnóstico e informações terapêuticas. Esta padronização recebeu o nome de ACR-NEMA e teve mais duas versões, sendo a atual, apresentada em 1993, DICOM 3.0, que teve ainda como colaboradoras outras organizações mundiais de padronização, como o *Committee European of Normalization* (CEN TC 251) e a *Japanese Industry Association for Radiation Apparatus* (JIRA). Neste conceito, o comitê técnico 215 da *ISO - International Organization for Standardization* - assume como padrão as propostas do comitê DICOM [1].

Utilizado largamente em todo o mundo para manipular e transportar imagens médicas, o protocolo DICOM tornou-se hoje um padrão. Porém, diversos equipamentos ainda utilizam formatos proprietários ou, em alguns casos, uma mescla deste formato com o padronizado, acabando por dificultar a troca de informações. Na tentativa de alcançar o maior número possível de equipamentos, o módulo de aquisição de dados do PROMED mantém um leitor do padrão DICOM mas oferece também dois modos adicionais de leitura de dados: um eficiente modo automático de detecção dos dados e outro interativo, permitindo ao usuário fornecer parâmetros para detectar as imagens desejadas.

2. Requisitos

A construção de um módulo de importação dos dados foi totalmente baseada na idéia do uso de *projetos* no sistema PROMED. Cada projeto refere-se ao estudo de um determinado exame recebido com imagens digitais. Assim, algumas estratégias são consideradas para que um projeto seja corretamente construído.

As informações de cada fatia do exame realizado – tais como tamanho, posição em milímetros com relação a todo o estudo do paciente, como é definido um *pixel* da imagem e uma série de outras – são extraídas a partir do cabeçalho do arquivo a ser analisado. Entender, portanto, o cabeçalho de cada fatia é um primeiro e fundamental passo para a construção correta da imagem no projeto.

A checagem da consistência de cada fatia para definir se esta deve ou não pertencer ao projeto é definida da seguinte forma. Primeiramente, é feita a verificação da *série* de cada fatia. Isto ocorre porque ao realizar o exame, imagens podem ser separadas para permitir imagens iniciais de verificação dos parâmetros, permitir que o exame seja continuado caso o paciente se mova demasiadamente,

entre outros motivos. Definir, portanto, uma quantidade de fatias de um mesmo estudo é certificar-se que apenas fatias de uma mesma estrutura retiradas de forma correta serão acopladas ao projeto.

Posteriormente, é feita a checagem da posição de cada fatia. Como o objetivo é definir um volume a partir do estudo realizado, é de extrema importância ordenar as imagens de modo que sua sobreposição reproduza fielmente a região adquirida pelo exame.

Uma terceira checagem é realizada para garantir que não haja fatias sobrepostas. Este é um fato bastante comum em exames tomográficos, uma vez que certas regiões são adquiridas mais de uma vez. Apenas uma das aquisições é mantida.

Para que as imagens tridimensionais sejam confiáveis, uma pequena checagem garante que a espessura de cada fatia não seja maior que a distância entre duas fatias adjacentes, evitando que uma imagem se sobreponha a outra.

Uma última verificação realizada é a de *gantry tilt*, denominação dada ao deslocamento angular do plano de aquisição das imagens, que pode chegar a 30°. A correção deste desvio ainda não é feita neste módulo, sendo prevista para a próxima versão a ser lançada.

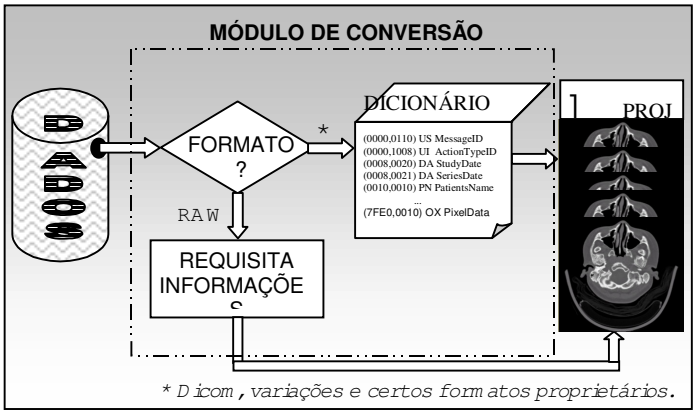


Figura 1. Esquema do módulo de conversão.

Verifica-se, portanto, que o módulo de importação separa apenas imagens, criando novos arquivos onde cada um deles representará uma imagem. Estes serão os dados utilizados para toda a manipulação gráfica do sistema. O módulo de conversão é, portanto, capaz de receber uma série de fatias com imagens adquiridas por diversos tipos de equipamentos e convertê-las em imagens isoladas. Trata-se de arquivos bidimensionais que podem ser exportados para diversos formatos comercialmente utilizados (JPEG, GIF, TIFF e BMP) ou simplesmente para arquivos sem formatação definida (ASCII, BINÁRIO). A *Figura1* representa de maneira esquemática todo o processo de aquisição dos dados, envolvendo desde o reconhecimento do padrão do cabeçalho do arquivo utilizando-se do *dicionário DICOM* [1] até a exportação das imagens isoladamente em novos arquivos.

3. Ferramentas e Implementação

O desenvolvimento do sistema inicia-se na definição das ferramentas utilizadas. Subdividindo-o em três núcleos, pode-se salientar as principais. Para todo o controle e desenvolvimento da *interface* [2] a linguagem *Python* [3] foi utilizada principalmente por ser multiplataforma e extremamente rápida durante o processo de desenvolvimento. O tratamento gráfico das imagens bem como as ferramentas de visualização utilizam-se da poderosa biblioteca gráfica *Visualization ToolKit* – VTK [4]. Por fim, o módulo de Entrada e Saída de dados é tratado em linguagem 'C' [5] e construído como uma biblioteca dinâmica capaz de ser importada pela linguagem *Python*. Esta interface *Python-C* é possibilitada pelo uso do SWIG [6].

Escrito em linguagem 'C', pode-se dizer que o módulo de importação de dados é uma evolução do *XMedcon* [7]. Trata-se de um *software*, limitado como simples visualizador de imagens médicas porém extremamente eficiente quanto às operações de importação e exportação de dados. Uma análise detalhada em seu código permitiu a criação do módulo de Entrada e Saída de dados do PROMED, com vastas inclusões e exclusões a fim de manter apenas uma biblioteca dinâmica, extremamente flexível quanto à sua importação e simples quanto ao seu uso.

O processo de leitura mostra-se o mais automático possível. Apenas pede ao usuário que forneça parâmetros caso o arquivo importado não esteja no padrão DICOM nem tenha sido reconhecido através dos parâmetros dos formatos proprietários. O usuário sintoniza então tais parâmetros em uma pequena janela que mostra previsões da imagem. Neste caso, a imagem é chamada de *RAW* e a montagem do projeto no sistema pode não ser consistente pelo fato de inexistir referências no cabeçalho do arquivo.

O processo de escrita de arquivos é extremamente facilitado. Basta definir o formato de saída da imagem e fornecer um nome para a mesma. A manutenção dos dados referentes a cada *pixel* da fatia na memória permite uma rápida conversão para qualquer formato, uma vez que para que seja salvo um arquivo DICOM é necessário que ele seja primeiramente importado.

4. Conclusão

A grande abrangência de aquisição de dados permitida pelo módulo implementado faz com que o sistema PROMED seja capaz de reconhecer dados de imagens provenientes de um número significativo de equipamentos médicos em formato proprietário, DICOM ou variações deste. Por ser escrito em linguagem 'C' torna-se bastante portátil e facilmente utilizável por diversas linguagens de programação capazes de importar bibliotecas dinâmicas. É de fácil utilização, oferecendo basicamente uma função de leitura automática ou interativa e outra de escrita, com possibilidade de diversos formatos de arquivos de imagem. O desafio de reconhecer dados do maior número de equipamentos possíveis com diferentes tipos de arquivos proprietários, além do problema ainda não resolvido do *gantry tilt* incitam o desenvolvimento de um módulo ainda mais eficaz.

5. Referências

[1] DICOM Standards Committee. DICOM Home Page. <http://medical.nema.org/>
[2] BUZZINI, Glauco. "Desenvolvimento de uma Interface Gráfica para Tratamento de Imagens Médicas". IV Jornada de Iniciação Científica, CenPRA, Campinas, SP, Novembro 2002.
[3] LUTZ, Mark. "Programming Python: Solutions for Python Programmers". 2ed. Sebastopol, CA: O´ Reilly & Associates, 2001.
[4] SCHROEDER, Will; MARTIN, Ken; LORENSEN, Bill. "The Visualization Toolkit: An Object-Oriented Approach to 3D Graphics". 2ed, New Jersey: Prentice Hall, 1998.
[5] JAMSA, K.; KLANDER, L. "Programando em C/C++: A Bíblia". São Paulo: Makron Books, 1999.
[6] SWIG Developers. "Simplified Wrapper and Interface Generator". <http://www.swig.org/>.
[7] eNOLF. "Medical Image Conversion Utility". <http://xmedcon.sourceforge.net/>

Modelagem Automática de Séries Temporais

Sérgio N. Miyamoto; Oscar S. Silva Fo.; e Wagner Cezarino
Centro de Pesquisas Renato Archer - CenPRA
Rod. D. Pedro I, Km. 143,6
Campinas – SP 13083-970
{ sergio.miyamoto; oscar.salviano; wagner.cezarino} @cenpra.gov.br

Resumo

Este documento apresenta um ambiente baseado na metodologia clássica Box-Jenkins (BJ) para modelagem e previsão de demanda. A principal contribuição deste trabalho é a automatização de dois estágios dos procedimentos BJ, o que reduz os custos de aplicação. Aspectos gerais do procedimento automático são apresentados.

Palavras chave: Séries Temporais, Metodologia Box-Jenkins, Previsão de demanda

1. INTRODUÇÃO

Neste trabalho discute-se um ambiente, denominado MASTER, orientado à modelagem e previsão de demanda, baseado no procedimento clássico Box-Jenkins (BJ) [1]. O desenvolvimento deste ambiente teve como maior preocupação a inclusão de mecanismos algorítmicos para automatização de algumas das etapas do procedimento BJ que requerem habilidade em modelagem e conhecimentos estatísticos e probabilísticos do usuário. Assim a contribuição deste trabalho é a criação de um ambiente que oferece a oportunidade de usuários iniciantes poderem desenvolver seus modelos de previsão, reduzindo assim custos de emprego do procedimento BJ.

Basicamente, a abordagem aqui considerada consiste de 5 (cinco) etapas principais. A primeira delas consiste na entrada e tratamento dos dados e análise qualitativa e quantitativa baseada em critérios estatísticos. Ainda nesta etapa, uma análise *automática* quanto a natureza homocedástica e estacionaridade da série é levada em consideração, concluindo com a transformação da mesma para aplicação da abordagem BJ. A segunda etapa considera a identificação das ordens e tipo do modelo de forma automática. A terceira etapa considera a estimação dos parâmetros ótimos para o modelo definido na etapa anterior e determina como função do desvio padrão do erro associado com cada parâmetro ótimo estimado qual ou quais serão descartados, de modo a garantir a parcimoniosidade do modelo. A quarta etapa apresenta teste de aderência e validação probabilística para o modelo gerado. Sendo considerado apto o modelo poderá passar a quinta etapa, que diz respeito a previsão de demanda.

A automatização da abordagem BJ traz como vantagem tornar mais ágil o processo de tomada de decisão na escolha de um modelo ARIMA(p,d,q) para representar uma série temporal [2]. De fato, a maior crítica ao procedimento BJ está na necessidade de bastante experiência do projetista em modelagem e conhecimento razoável em probabilidade e estatística. Um procedimento automático, certamente não irá eliminar estes requisitos por completo, mas certamente reduzirá custos com tempo gasto devido a intensa intervenção humana requerida para operar a abordagem clássica. Neste caso, pode-se afirmar que até mesmo um usuário iniciante pode ser treinado para realizar este procedimento.

2. DEFININDO UM MODELO ARIMA [3]

Seja a série temporal dada por $\{y_1, y_2, \ldots, y_N\}$, onde N denota o total de observações existentes (histórico de vendas, por exemplo). Assumindo que esta série seja não-estacionária (ou seja, apresente tendências), sazonal e tenha uma variação aleatória (erro) que possa ser aproximado por uma distribuição de probabilidade Gaussiana, segue então que um modelo representativo para esta série é o ARIMA(p,d,q), descrito como segue:

$$(1+\ddot{O}_1 B+\ldots+\ddot{O}_p B^p)W_t = (1+\grave{e}_1+\ldots+\grave{e}_q B^q)a_t \quad \Leftrightarrow \quad \Psi(B)\cdot W_t = \Omega(B)\cdot a_t \tag{1}$$

onde B é o operador deslocamento, ou seja, $By_t = y_{t-1}$. A variável a_t denota o erro residual, que é representado pelo ruído branco Gaussiano com média $\hat{a}_t = 0$ e desvio padrão σ_a constante. Note também que $W_t = \nabla^d (Y_t)^\lambda$ representa uma série estacionária (ou seja, sem tendências e sazonalidades). Convém destacar ainda que os polinômios $\Psi(B)$ e $\Omega(B)$, da equivalência em (1), denotam respectivamente as partes Autoregressiva e Média-móvel, de um modelo estacionário ARMA(p,q). O modelo assim definido esta apto a receber a aplicação do procedimento BJ [1].

3. APRESENTANDO UM MODELO AUTOMÁTICO DE IDENTIFICAÇÃO [2]

Os cinco passos principais do procedimento BJ, estão ilustrados no fluxograma da figura 1. Este esquema já considera a automatização de algumas partes da metodologia BJ. As linhas tracejadas na figura indicam onde ocorre intensa intervenção do usuário e que representa o ponto crítico da metodologia clássica BJ. Esta automatização visa reduzir os custos associados com o tempo gasto pelo projetista no processo de modelagem, particularmente nas etapas de análise exploratória e identificação de tipo e ordem. Outro aspecto interessante é que a automatização destas etapas viabiliza a utilização do procedimentos BJ por usuários com experiência em modelagem e interpretação estatística.

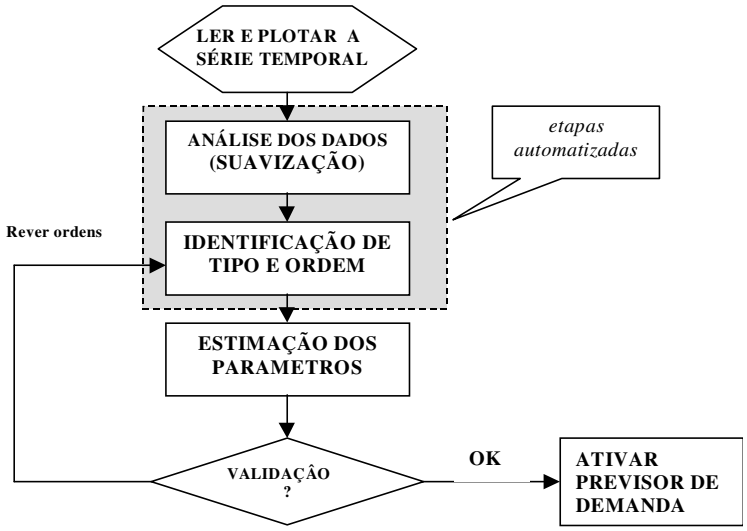


Fig. 1. Fluxograma do ambiente MASTER

A seguir apresentam-se sucintamente os mecanismos matemáticos adotados na automatização das etapas de análise dos dados, envolvendo a suavização da série e da transformação numa série equivalente estacionária e na etapa de identificação das ordens do modelo.

3.1. Suavização da Série e Equivalência Estacionária [4]

A idéia aqui é selecionar um operador exponencial λ que reduz a variabilidade da série tornando-a mais suave e d diferenças que produza um processo estacionário $Wt = \nabla d\,(Yt)\lambda$, com t=1,...,n, onde N=N-d. Esta etapa é muito importante pois leva em conta as características básicas da série e é um passo importante para viabilizar a escolha das ordem do modelo estacionário.

Para obter uma série suavizada e estacionária realiza-se algumas manipulações na série original, definidas como segue:

(a) Suavização do comportamento da série: neste caso considera-se um operador exponencial λ aplicado a serie. Assim temos: $-1 \leq \lambda \leq 1$, com $\lambda \neq 0$. Para $\lambda = 1$, a série mantêm-se inalterada; se $\lambda \neq 0$ aplica-se o operador exponencial $(Y_t)^{\lambda}_{t=1..M}$, enquanto que se $\lambda = 0$ aplica-se Ln Y_t.
(b) Eliminação de Tendências (transformação da série a uma equivalente estacionaria): Para isto, considera-se aplicação de diferenças à série original suavizada (se for o caso). Assim, aplica-se o operador ∇^d a série, onde d é o número de diferenças. Normalmente, $0 \leq d \leq 2$. Tem-se, portanto para d=1 (uma diferença) que $\nabla^1 Y_t = (1 - B)\, Y_t = Y_t - Y_{t-1}$, t=1, 2,..., N; e para d=2 segue
$\nabla^2 Y_t = (1 - B)^2\, Y_t = (1 - 2B + B^2)\, Y_t = Y_t - 2\, Y_{t-1} + Y_{t-2}$, t=1, 2,...,N. É importante lembrar que o tamanho da nova série será N=N-d.

3.2. Identificação Automática das Ordens do Modelo

Tendo definido uma série equivalente estacionária, o passo seguinte é definir tipo e ordem do modelo. O procedimento automático para identificação do tipo e ordem do modelo segue duas etapas, a saber: identificar um modelo invertido AR de ordem finita h; e identificar um modelo equivalente ARMA(p,q) [5],[6].

3.3. Estimação de Parâmetros

O problema de estimação de parâmetros pode ser formulado como segue: conhecido os parâmetros iniciais $\{(\phi_i^0, \theta_j^0)$, i = 1, 2..., p ; j = 1, 2, ..., q$\}$, calcule os respectivos valores ótimos, resolvendo o seguinte problema de otimização:

$$Min \sum_{t=1}^{N} \frac{1}{2} a_t^2 \qquad s.a \qquad a_t = W_t - \sum_{i=1}^{p} \phi_i . W_{t-i} + \sum_{j=1}^{q} \theta_j . a_{t-j} \tag{6}$$

Há uma imensa variedade de técnicas de otimização orientadas a estimação dos parâmetros ótimos de um modelo ARMA(p, q) e variantes. O ambiente MASTER adota um método alternativo desenvolvido por [2] baseado na generalização do método Matriz Estendida [1].

3.4. Validação do Modelo

Após identificar um modelo ARMA(p, q) (tentativa), verifica-se se o modelo é representativo da série W_t para ser usado no processo de previsão de demanda. O ambiente MASTER considera a análise do erro residual do modelo (i.e.,a_t) para verificar se ainda há algo que foge a prioridades desejadas de Normalidade e Homoscedática.

3.5. Previsão de Demanda

O modelo aprovado no teste de validação, pode ainda ser analisado por um teste visual de aderência, usando um preditor de 1-passo a frente. Um dos objetivos deste teste é eliminar possíveis dados espúrios existentes na série original, permitindo uma substituição por valores previstos pelo preditor de 1-passo à frente.

O modelo de previsão adotado no procedimento BJ (vide Programa 4 no apêndice, pp. 505-508 em [1]) foi implementado no ambiente MASTER. Ele permite que o usuário possa rapidamente obter estimativas para períodos por ele definidos.

4. CONCLUSÃO

Neste trabalho uma abordagem automatizada para tratar o procedimento BJ foi apresentada. As etapas que apresentam maior dificuldade na identificação de modelos (vide figura 1, na seção 3) foram automatizadas com base em técnicas disponíveis na literatura. O ambiente MASTER implementa estes recursos. Atualmente, ele atua em duas plataformas, ou seja: Matlab e Visual Basic. Embora neste trabalho o enfoque tenha sido à modelos do tipo ARIMA, é importante destacar que modelos do tipo SARIMA, que envolvem sazonalidades, são explorados igualmente no ambiente MASTER e seguem praticamente as mesmas rotinas comentadas neste trabalho, com pequenas adaptações para incluir períodos sazonais. A versão geral do ambiente está em fase de testes, já com bons resultados gerados quando comparados a outros ambientes da literatura. Estes resultados serão disponibilizados em breve aos interessados.

5. REFERÊNCIAS

[1] Box, G. E. P. & G. M Jenkins.(1970): Time Series Analysis-Forecasting and Control, Holden-Day, San Francisco.

[2] Silva Filho, O. S. (2001): “Ambiente Automatizado para Identificação, Estimação e Previsão de Series Temporais baseada em Modelos ARMA(p,d,q)*{P,D,Q),” Documento Técnico, LTGE_01, CenPRA, Campinas, SP.

[3] Raftery, A. E. (1985): Time Series Analysis, European Journal of Operational Research, Vol. 20, pp 127-137.

[4] Box, G. E. P. and D. R. Cox (1964) An Analysis of Transformations, Jornal Royal Stat. Soc. Ser. B 26, pp. 211-243.

[5]Durbin, J.(1960): The Fitting of Time-Series Models, International Statistical Reviews, Vol. 28, pp. 231-244.

[6] Ozaki, T. (1977): On the order Determination of ARIMA Models, Appl. Statistics, Vol. 6 No. 3, pp. 290-301.

Sistema de interface entre robô e computador

Paulo Henrique de A. Madeira; Roberto Tavares
Centro de Pesquisas Renato Archer
Laboratório de Robótica e Visão Computacional
Rod. D. Pedro I, Km 143,6
Campinas SP 13083-970
paullo.h@terra.com.br; roberto.tavares@cenpra.gov.br

Resumo

Este documento descreve o projeto de iniciação científica que tem como objetivo a elaboração de um sistema microprocessado para a interface de controle de robôs de inspeção. Este sistema permite controlar todas as funções de um robô de inspeção, tais como velocidade de motores DC e captação de sensores analógicos além de proporcionar uma efetiva redução de cabos de comando entre o módulo de controle e o computador.

Palavras chave: Processador PIC 16F877, robótica, Interface homem máquina, robôs de inspeção.

1. Introdução

Robôs de inspeção são utilizados em locais de difícil acesso ou insalubres. Estes robôs são compostos basicamente de um sistema de propulsão e direcionamento (que podem ser turbinas, pares de esteiras, rodas, etc.), uma câmera (para captar as imagens a serem transmitidas ou gravadas e um sistema de iluminação), sensores (para um melhor reconhecimento do meio em que está presente e envio de dados extras) e um sistema de controle

O tema deste projeto de iniciação científica é o desenvolvimento do sistema de controle de motores DC de um sistema robótico semi-autônomo.

2. Objetivos do projeto

Após a realização de experiências com protótipos de robôs de inspeção existentes no laboratório do CENPRA foram detectadas necessidades de alterações no seu sistema de controle, que utiliza peças importadas que dificultam, encarecem e atrasam a manutenção dificultando o reconhecimento e solução do problema, de modo que a adaptação torna-se um processo complicado e que muitas vezes pode comprometer o funcionamento do sistema.

Tendo em vista estes problemas a solução mais viável torna-se a construção de um novo projeto de controle que estaria adaptado as necessidades do robô a ser montado, para deste modo utilizar componentes disponíveis no mercado (como o processador PIC 16F877) e baixando-se assim os custos e tempo de reposição de peças e garantindo uma maior confiabilidade no conjunto implementado.

Outro objetivo deste projeto é a familiarização com os processadores PIC16F877, o que inclui o estudo dos seu hardware, módulos de comunicação, programação, protocolo de comunicação e drivers PWM (para controle os motores).

Quando se utiliza um sistema de comando que trabalha com componentes conhecidos torna-se mais fácil a substituição de componentes, bem como a criação de projetos semelhantes para outros robôs que trabalhem com computador.

Os sistemas de propulsão devem ter um controle que permita combinar a força e precisão suficiente para movimentar o robô de modo que a câmera se movimente de forma suave garantindo uma imagem nítida.

As imagens obtidas durante a inspeção podem ser analisadas em tempo real por especialistas além de serem gravadas em fitas de vídeo para análise posterior.

O sistema pode sem empregue de modo a substituir os sistema de controle de robôs para a baratear o seu custo e prover uma manutenção mais simples

3. Funcionamento do sistema de controle

Para a construção de um novo projeto de controle de robôs de inspeção será utilizado um processador PIC16F877, que coordenará todas as funções além da sua comunicação com o computador que o controla. Quando se usa um microcontrolador para fazer a interface entre o computador e um robô observa-se uma significativa redução de cabos, já que os sinais podem ser codificados pelo processador e enviados de forma serial para o decodificador instalado no computador ao invés de saírem de forma quase individual para cada comando (fios para motores, sensores, controle de movimentos adicionais como garras, etc.), o que torna o cabo de comunicação mais espesso, caro e frágil.

Este sistema de controle terá como peça central um processador do tipo PIC16F877 que será responsável pela comunicação direta com o decodificador e controle de todas as funções que o robô em questão necessitar. Tais funções incluem controle de motores DC (feita a partir das duas saídas PWM), comando de acender ou apagar luzes, entradas analógicas de sensores (tais como sensores de pressão ou inclinação através das entradas A/D do processador) e controle de movimentos ou funções auxiliares.

O processador comunica-se com os drivers de controle dos motores por PWM de modo a controlar a sua velocidade e direção de rotação (controlada a partir de uma saída digital do processador). Também há um módulo separado para o controle de funções extras, como acender luzes ou qualquer movimento extra, bem como a entrada de sensores analógicos ou lineares (dependendo das necessidades encontradas no robô a ser empregue o módulo de controle).

Dentro do robô haverá também uma fonte de alimentação que proporcione diferentes níveis de tensão para o módulo de controle bem como sensores, propulsores, luzes, câmera, etc.

Será possível alterar o seu programa de controle para diferentes aplicações de cada tipo de robô, já que o sistema de controle será feito de modo a aceitar variações para projetos de implementação diferentes. Assim bastará alterar a programação do processador (em alguns casos pequenas alterações no projeto circuito do módulo de controle serão necessárias) para que o sistema possa ser empregado em diferentes casos, evitando a necessidade de se criar um novo circuito para cada projeto. O circuito do decodificador se mantém inalterado de modo que o seu preço pode ser reduzido.

Módulos básicos para o sistema de um robô de inspeção

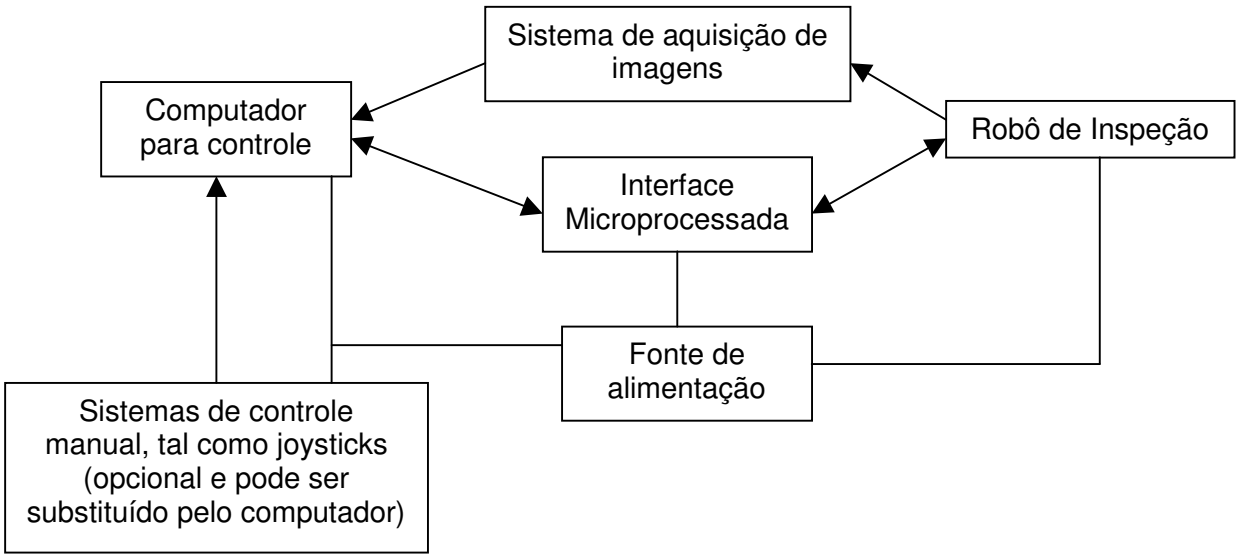
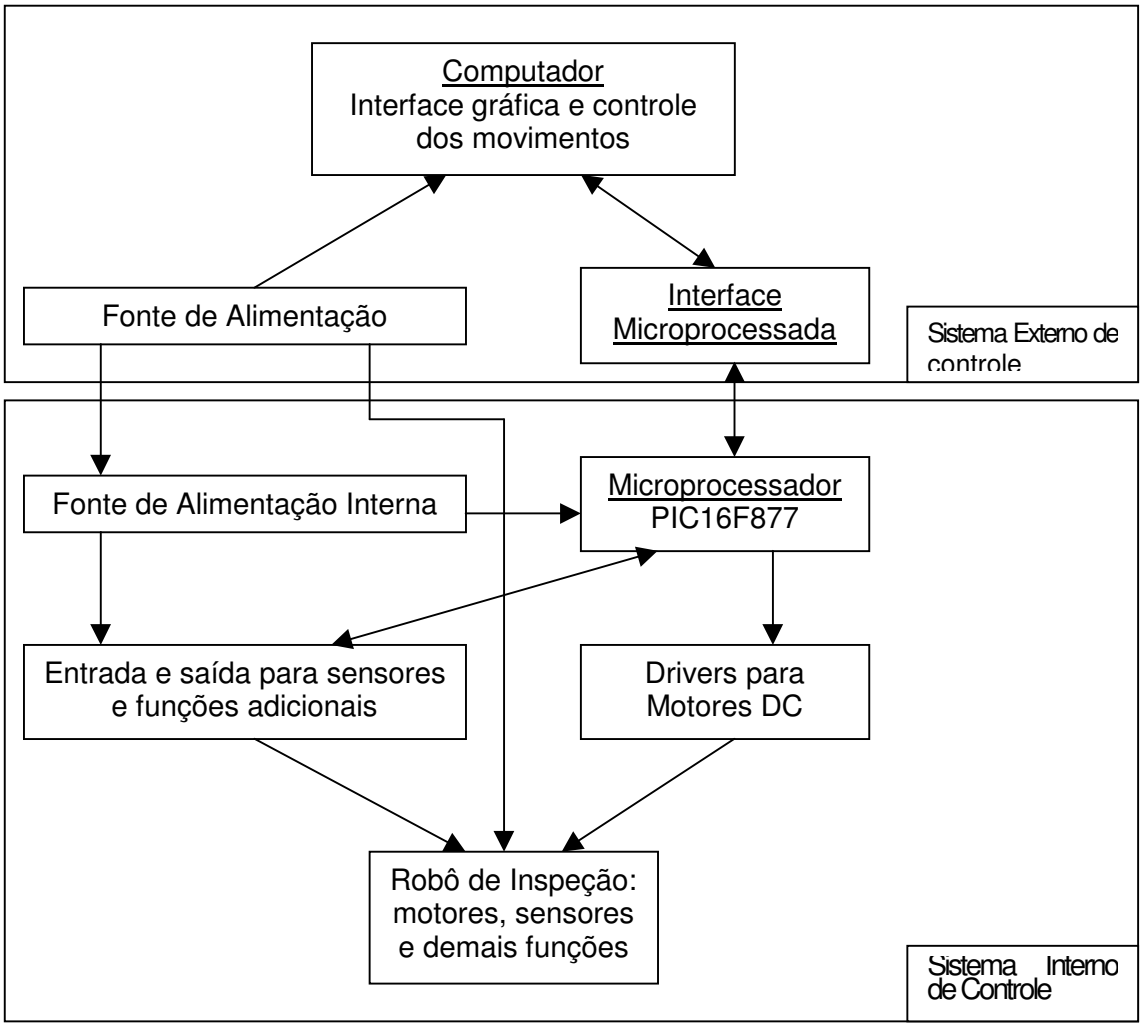

Sistema de aquisição de imagens
Computador para controle
Robô de Inspeção
Interface Microprocessada
Fonte de alimentação
Sistemas de controle manual, tal como joysticks (opcional e pode ser substituído pelo computador)

Diagrama de Funcionamento do Circuito de Controle e Interface


Computador
Interface gráfica e controle dos movimentos
Fonte de Alimentação
Interface Microprocessada
Sistema Externo de controle
Fonte de Alimentação Interna
Microprocessador PIC16F877
Entrada e saída para sensores e funções adicionais
Drivers para Motores DC
Robô de Inspeção: motores, sensores e demais funções
Sistema Interno de Controle

A câmera será ligada diretamente a um sistema de aquisição de imagens e este ao computador (podendo também ser conectado a um gravador de vídeo) de modo a transmitir as imagens em tempo real ao operador.

Para a condição proposta (controle de um submarino de inspeção), sistema deve ser capaz de controlar a velocidade e sentido de rotação dos motores de propulsão e de direcionamento, bem como os sistema de garra e o sensor de direção, além de que mais funções podem ser acrescentadas em função das necessidades encontradas.

4. Conclusão

Este projeto será de grande utilidade para a montagem de robôs de inspeção para diferentes aplicações, tais como:

Água – hidrelétricas (checagem da estrutura que fica submersa), auxilio à pesquisa marinha (analisando o solo sem agredir o meio e com custos bem menores que os gastos com mergulhadores).

Terra – inspeção de galerias de esgoto (evitando serviços insalubres), cavernas.

Ar – o sistema de controle pode ser implementado com um sistema de rádio transmissão na montagem de dirigíveis e helicópteros de inspeção para fotografar terrenos.

O circuito projetado também pode ser empregado ou adaptado para qualquer aplicação que necessite uma interface com um microcomputador e dispositivos de saída para controle digital ou analógicos, bem como entradas analógicas ou digitais.

5. Agradecimentos

Os autores agradecem ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC) do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo suporte ao bolsista e, também, à colaboração de Sebastião Simões de Lima técnico do LRVC.

5. Referências Bibliográficas

Predeko, Myke. , Programming And Custommizing the PIC Microcontroller, 1998, McGraw Hill. USA

Mccomb, Gordon., Robot Builders Bonanza, 1990, Tab Books , USA

Microchip Technology Inc. , PIC16F87X, Data Sheet , Microchip Technology Inc, 2001, USA

Inuktun Services Ltd.. Versatrax Manual, Inuktun Services Ltd, 1998, Canada

Inuktun Services Ltd.. Scallop Manual , Inuktun Services Ltd, 1998, Canada

MnKerrow, Phillip John, Introduction to Robotics, Addison-Weslay Publishing Company, 1991, USA

Desenvolvimento de um sistema robótico anfíbio

Rodrigo Mecelis; Roberto F. Tavares Filho
Centro de Pesquisas Renato Archer
Laboratório de Robótica e Visão Computacional
Rod. D. Pedro I, Km 143,6
Campinas SP 13083-970
rmecelis@hotmail.com; Roberto.Tavares@cenpra.gov.br

Resumo

Desenvolvimento de um sistema robótico anfíbio capaz de inspecionar locais de difícil acesso imersos em água e com vários obstáculos, como turbinas de hidrelétricas ou piscinas de refrigeração de reatores nucleares.

Palavras chave: Sistema robótico, anfíbio, inspeção.

1. Introdução

O CenPRA – Centro de Pesquisas Renato Archer, por intermédio do LRVC – Laboratório de Robótica e Visão Computacional (Projeto Robinspec), vem levantando as possíveis aplicações da robótica de inspeção em vários tipos de ambiente de difícil acesso, ou de risco ao ser humano. Para tal, o laboratório possui dois robôs controlados remotamente, um para ambientes terrestres, outro para ambientes subaquáticos. No entanto, em alguns casos esses robôs não foram o suficiente para realizar certos tipos de inspeção, por não serem capazes de vencer obstáculos como a profundidade e a correnteza. Entre esses casos podemos citar duas situações que se destacaram em função do impacto econômico representativo, o monitoramento das turbinas de uma hidrelétrica, e a inspeção da piscina de refrigeração do reator de uma usina nuclear.

Para ambas usinas, um sistema robótico anfíbio seria de grande utilidade, uma vez que esses tipos de inspeção requerem uma paralisação na produção de energia elétrica, e, consequentemente um custo elevado, tanto para quem produz, quanto para quem consome essa energia. O robô anfíbio será desenvolvido com o intuito de reduzir o tempo de parada dessas usinas, e além disso evitar acidentes, uma vez que atualmente essas inspeções são feitas por mergulhadores ou por equipes que trabalham a seco, com a conseqüente necessidade de esvaziamento total das tubulações .

2. O Projeto

O projeto consiste em desenvolver um sistema robótico capaz de vencer correntezas, profundidade e percursos acidentados, com os valores tipicamente encontrados nas aplicações acima descritas.

Num primeiro passo, iremos combinar os dois robôs já existentes do Projeto Robinspec, que juntos, reuniriam as características necessárias para desenvolver um robô anfíbio capaz de comprovar os conceitos propostos.

Os robôs atuais descritos possuem as seguintes características:

Robô terrestre: capaz de chegar até 30m de profundidade, câmera à prova d´ água, e motores fortes, capazes de arrastar um carro popular, e resistentes à explosão.

Robô subaquático**:** capaz de chegar até 76m de profundidade, vence correntes de até 2,5nós. Possui sensores de direção e profundidade.

Com o acoplamento mecânico dos dois robôs, tem-se uma plataforma móvel de peso aproximado de 70kg, que se desloca sem ser afetado pela corrente normalmente encontrados nos ambientes previstos. Dessa forma podemos nos aproximar da turbina ou outros pontos de interesse através do deslocamento do sistema pelo fundo, onde normalmente temos correntes inferiores. Como a tração do sistema de esteiras é muito grande, superior a 50kg, o arrasto dos cabos é compensado pelos motores do sistema de tração.

Ao se aproximar do local de inspeção, a parte “submarina” do robô é liberada remotamente, e o dispositivo se movimenta livremente em três dimensões no meio aquoso, para que seja obtida a imagem desejada.

Feitas as imagens, o sistema é recolhido à base de deslocamento e o robô retirado de forma segura do local de inspeção.

No caso da piscina de refrigeração de emergência do reator nuclear, o intuito é de conseguir inspecionar de forma a varrer completamente as paredes do tanque., identificando pequenas trincas que poderiam vir causar graves acidentes. O “robô base” se deslocaria lateralmente uma distância padrão no fundo da piscina, feito isso, lança-se o robô submarino, que faria uma inspeção visual e vertical da parede, se concentrando apenas num pequeno trecho para monitorar. Terminado esse passo o robô volta para a base, onde se repetiria todo o processo até o término da inspeção.

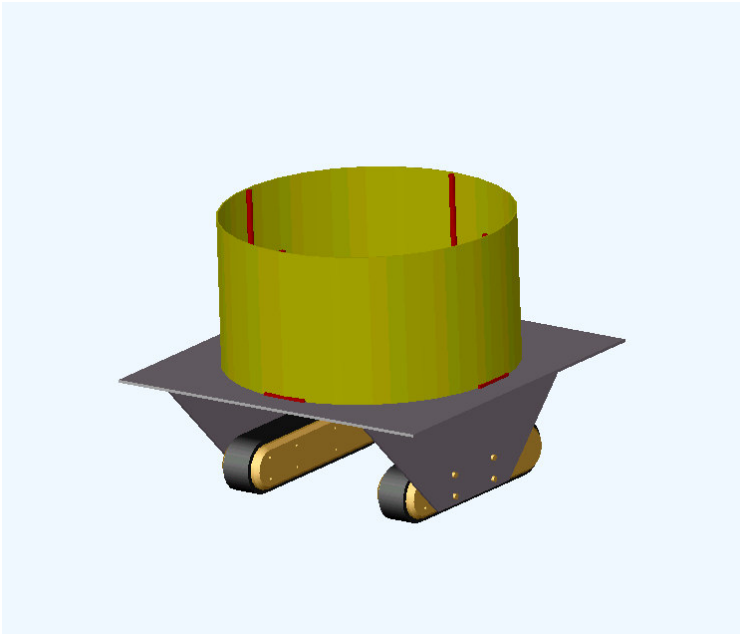


Fig.01 Robô base

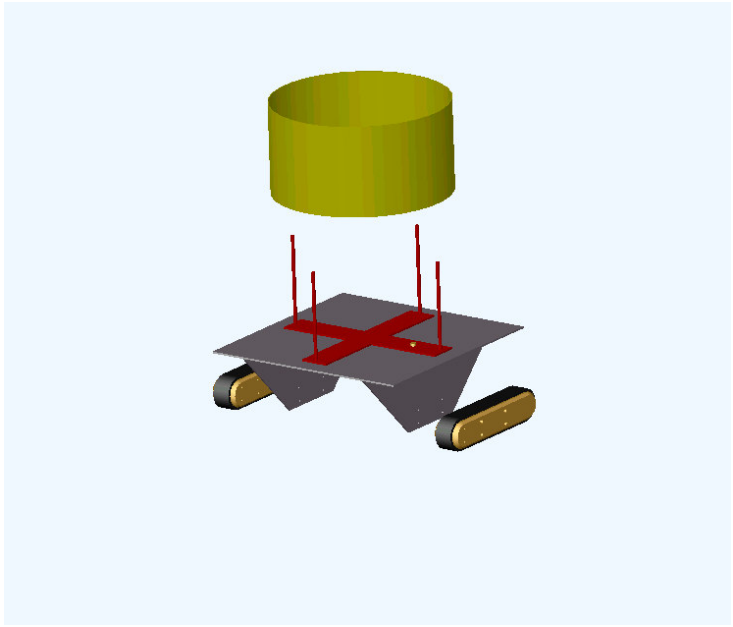


Fig.02 Vista explodida

Nas figuras acima vemos o esquema do “robô base”, onde no centro da estrutura tubular será colocado o robô submarino. O robô base também terá uma câmera de vídeo e luzes para melhor visualização e localização do robô submarino. Esse robô, no momento, derivará, como dito anteriormente, dos dois robôs existentes no laboratório:

Fig.03 Robôs Versatrax e Scallop respectivamente.

De posse de um protótipo, realizaremos vários testes de campo para verificar o desempenho do sistema robótico. Terminada essa fase, também é importante escrever o manual desse sistema, mostrando todo o projeto e detalhando cada peça e o projeto final tanto em AutoCAD, quanto no Solid Works, para futuras mudanças e aperfeiçoamentos.

3. Conclusão

Depois de feitos todos os testes, e avaliando a adequação do projeto ao que foi proposto, o intuito é de se desenvolver um robô similar com tecnologia nacional, com posterior pedido de patente para que esse sistema possa ser amplamente utilizado em todo o país e mesmo fora dele.

4. Agradecimentos

Os autores agradecem ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC) do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo suporte ao bolsista e, também, à colaboração de Sebastião Simões de Lima técnico do LRVC.

5. Referências Bibliográficas

Egor P. Popov. Introduction to Solid Mechanics – Edited by Prentice Hall.
Inuktun Services Ltd. Versatrax Manual, Inuktun Services Ltd, 1998, Canada
Inuktun Services Ltd.. Scallop Manual , Inuktun Services Ltd, 1998, Canada
Mccomb, Gordon., Robot Builders Bonanza, 1990, Tab Books , USA
MnKerrow, Phillip John, Introduction to Robotics, Addison-Weslay Publishing Company, 1991, USA

Capacitando o ERP

Maurélio C. Barbosa; Rosana B. B. Haddad; Marcius F. H. Carvalho
Centro de Pesquisas Renato Archer – CenPRA
Laboratório de Gestão Empresarial
Rod. D. Pedro I, Km 143,6
Campinas SP 13083-970
{maurelio.barbosa; rosana.haddad; marcius.carvalho}@cenpra.gov.

Resumo

Este Projeto tem como objetivo, fornecer ao chão de fábrica uma seqüência de tarefas compatíveis com as capacidades disponíveis. Isto será feito com o auxílio de um software de Programação Matemática que analisa as metas mensais estabelecidas por um nível hierárquico superior ao do módulo de MRP, por exemplo o Plano Mestre de Produção associado a um ERP. Estas metas mensais são decompostas em produções diárias atendendo ao mesmo tempo às restrições de capacidade das máquinas, de armazenagem e de disponibilidade de matéria-prima.

Palavras chave: MRP, Capacitação de chão de fábrica, Programação Matemática.

1. Introdução

O correto dimensionamento e gerenciamento da capacidade de chão de fábrica possibilita atender pedidos nas quantidades necessárias, no tempo devido e com os níveis de qualidade desejados pelos clientes, a custos aceitáveis.

Nos sistemas de ERP tradicionais, o módulo de MRP apresenta soluções de seqüenciamento que não levam em consideração os limites de capacidade do chão de fábrica. Numa situação de sobrecarga, cabe ao planejador a difícil decisão de quais ordens devem ser atrasadas ou adiantadas, na busca de uma solução factível. Em geral a solução encontrada não será a “melhor possível”, já que o número de parâmetros a ser considerado é muito grande, dificultando a tarefa.

O Projeto de Capacitação do MRP visa fornecer, ao chão de fábrica, uma seqüência de tarefas compatíveis com as capacidades disponíveis. Isto será feito com o auxílio de um software de Programação Matemática que analisa as metas mensais estabelecidas por um nível hierárquico superior ao do módulo de MRP, por exemplo o Plano Mestre de Produção, e as decompõe em produções diárias, de forma a otimizar algum critério, por exemplo custo, atendendo ao mesmo tempo às restrições de capacidade das máquinas, de armazenagem e de disponibilidade de matéria-prima(Carvalho (a) et ale).

As decisões a serem tomadas para cada período envolvem: a quantidade produzida, a necessidade de matéria prima, a carga de cada máquina ou grupo de máquinas, entre outras. O objetivo deste nível é a minimização dos custos de produção e das penalidades por não atendimento à demanda. O grande apelo deste enfoque é a visão do problema sob o ponto de vista da empresa (retorno esperado), o que permite analisar objetivos conflitantes e a demanda probabilística sob o ponto de vista do negócio, traduzidos em um único objetivo “o lucro” (Carvalho (b) et. ale.).

O software de PL proposto foi desenvolvido para realizar o seqüenciamento de tarefas, levando em conta limites de capacidade no tempo. Quando ocorrem sobrecargas num período, é capaz de apresentar a melhor das soluções para atrasos e antecipações de ordens. Este sistema contudo, não considera tempos e

custos de setup e não gerencia compra de material, andamento das ordens de fabricação e os estoques de matéria prima e produtos acabados. Estas atividades são contempladas pelos ERP's (LOGIX Manual).

2. A Proposta de Integração

O Projeto de Capacitação do MRP consiste no desenvolvimento de um módulo a ser agregado a um sistema de MRPII, no caso o LOGIX, fruto da cooperação CenPRA/LOGOCENTER. Portanto, o projeto consiste na integração de um Módulo de Capacitação (Software de Programação Matemática) ao Sistema de gerenciamento de Produção (MRPII) de um ERP disponível no mercado.

Este módulo tem como objetivo coordenar a produção no tempo, considerando as restrições de capacidade de produção, estoque interperíodo e disponibilidade de matéria-prima.

O MRP, por sua vez, toma as metas estabelecidas pelo Módulo de Capacitação e as detalha considerando *setup* e gerando as ordens de produção e de compra. A vantagem desta integração é que a solução fornecida pela programação linear é factível ou está muito perto de uma solução factível para o MRP. Assim o plano a ser avaliado pelo MRP estará muito próximo da solução ótima do sistema.

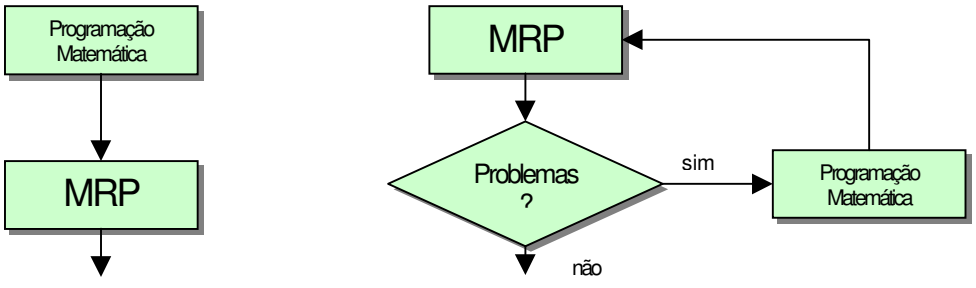
3. Metodologia

A integração entre os dois sistemas será feita em etapas.

Na primeira etapa, cenários de produção gerados no LOGIX são rodados no software de Programação Linear (PL). O resultado apresentado pelo software de PL é então rodado novamente no LOGIX, para verificação da consistência da solução.

Comprovadas as vantagens da integração, na etapa seguinte o Módulo de Capacitação passará a acessar diretamente a base de dados do ERP, de forma transparente para o usuário.

As Figuras 1 e 2 estabelecem as duas possíveis formas de integração entre os dois softwares. Na primeira abordagem, o software de Programação Matemática sempre é executado antes do MRP. Na segunda (figura 2), cabe ao planejador decidir, baseado na existência ou não de problemas de capacidade, se deseja rodar o módulo de capacitação.



Figuras 1 e 2: Estratégias de Integração entre os dois softwares

4. Resultados

Estão sendo realizados, no CenPRA, testes em uma base de dados de uma empresa real com o objetivo de comparar os resultados do ERP com os gerados pelo Retra.

Abaixo estão os resultados obtidos em uma prensa considerada gargalo. Esta prensa dispõe 115 horas de trabalho por semana. Este exemplo foi rodado para um único produto para facilitar a apresentação dos resultados.

Tabela 1: Resultado no ERP (LOGIX)

ERP	Semana 1	Semana 2
Demanda do produto	10000	0
Carga na prensa(horas)	225	0

Tabela 2: Resultado no RETRA

RETRA	Semana 1	Semana 2
Produção sugerida	5060	4940
Carga na prensa(horas)	113,85	111,15

Lembrando que a capacidade da prensa é de 115horas por semana. Fica claro o estouro de capacidade para a demanda inicial. Para contornar o problema o Retra sugere um atraso de parte da produção. O software poderia ter antecipado a produção, se fosse possível, e se o custo fosse menor. Neste caso não foi possível porque só haviam dois períodos disponíveis. Diante da possibilidade de se atrasar ou adiantar a produção, o Retra irá realizar o caminho de menor custo, sempre. Este é definido pelo operador.

Veremos agora um exemplo para dois produtos, em que é possível atrasar ou adiantar a produção:

Tabela 3: Resultado no ERP (LOGIX)

ERP	Semana 1	Semana 2	Semana 3
Demanda do produto 1(peças)	0	5000	0
Demanda do produto 2(peças)	0	5000	0
Carga na prensa(horas)	0	288,73	0

Tabela 4: Resultado no RETRA

RETRA	Semana 1	Semana 2	Semana 3
Produção sugerida produto 1(peça)	0	5000	0
Produção sugerida produto 2(peças)	3392	2	1606
Carga na prensa(horas)	117,85	115,00	55,79

Podemos observar que existe um pequeno estouro de capacidade(117,85) na tabela 4. Isto ocorre devido a erros de arredondamento, que acabam afetando a precisão do software de PL.

5. Conclusão

Como visto nos exemplos acima a integração dos dois softwares trará como benefício a apresentação de seqüências ótimas de processamento, resultando em cumprimento de prazos, satisfação de clientes e redução de desperdícios e custos, de modo a maximizar o lucro da corporação.

O processo de integração ocorrerá sem grandes dificuldades, já que o novo módulo deverá acessar diretamente a base de dados do LOGIX e sua interface com o usuário seguirá os padrões do software já instalado, tornando todo o processo transparente para o usuário.

6. Agradecimentos

Agradecemos ao CNPq, pela bolsa de iniciação científica e à LOGOCENTER, pela instalação e suporte do software LOGIX.

7. Referências

(a)Carvalho, M.F.; Fernandes, C. A and Ferreira, P.A (1999) Multiproduct Multistage Production Scheduling (Mmps) for Manufacturing Systems submetido a Production Planning & Control da Editora Taylor & Francis,London, Vol.10, Nº 7, pp 671-681

(b)Carvalho, M.F.; Haddad, R.B.B.; e Fernandes, C. A (1996) O planejamento da Manufatura – Complementaridade entre Práticas Industriais e Métodos de Otimização Segundo Congresso Internacional de Engenharia Industrial ENEGEP 1996

LOGIX Manual do Usuário, LOGOCENTER 1998

Estudo e Implementação de Componentes dos Modos de Navegação Básico e Observador do Laboratório Virtual REAL

Victor A. S. M. de Souza; Eliane Gomes Guimarães
Centro de Pesquisas Renato Archer
Laboratório de Robótica e Visão Computacional
Rod. D. Pedro I (SP-65) Km 143,6
Campinas SP 13083-970
{victor.souza; eliane.guimaraes}@cenpra.gov.br

Resumo

Este projeto de iniciação científica faz parte do projeto REAL (Remotelly Accessible Laboratory), um laboratório virtual de acesso via Intenet. O REAL permite a um usuário remoto manipular o robô Nomad XR4000 disponível no LRVC/CenPRA (Laboratório de Robótica e Visão Computacional/ Centro de Pesquisas Renato Archer) remotamente como se estivesse fisicamente presente no laboratório. São três os possíveis modos de interação com o robô: o Modo Básico, o Avançado e o Observador. Este artigo trata de alguns componentes necessários para o desenvolvimento e implementação do Modo Observador de navegação utilizando a arquitetura desenvolvida para o REAL, que contempla padrões abertos tais como CORBA (Common Object Request Broker Architeture), WWW (World Wide Web) e tecnologias relacionadas (HTTP, HTML, XML, Java).

Palavras chave: Telerobótica, Laboratórios Virtuais, Arquitetura CORBA, Iniciação Científica.

1. Introdução

A experiência prática é uma componente muito importante da educação e da pesquisa, mas os recursos para aquisição de equipamentos ou construção de experimentos no estado da arte estão muitas vezes além da capacidade de muitas instituições de ensino superior no Brasil. Para permitir que cada vez mais pessoas tenham acesso à experiência prática, estudos estão sendo realizados para a criação e implantação de laboratórios de acesso remoto, também conhecidos como laboratórios virtuais. O LRVC/CenPRA em cooperação com o DCA/FEEC/UNICAMP vem desenvolvendo um desses laboratórios virtuais, que tem por objetivo disponibilizar a infra-estrutura de robôs móveis disponível no LRVC via Internet a cientistas, educadores, estudantes e demais interessados.

O laboratório em questão chama-se REAL (*Remotely Accessible Laboratory*), e é constituído dos seguintes componentes: o robô móvel XR4000; um sistema de aquisição de imagens e sons a bordo do robô e sua transmissão ao usuário remoto; e uma interface homem-máquina para programação do robô e recebimento dos dados de sua operação. O robô está conectado a rede departamental do LRVC/CenPRA através de duas redes sem fio padrão Ethernet, sendo uma utilizada para controle do robô e outra para transmissão de áudio e vídeo do robô para o usuário remoto. A figura 1 apresenta a infra-estrutura fornecida para o suporte ao REAL.

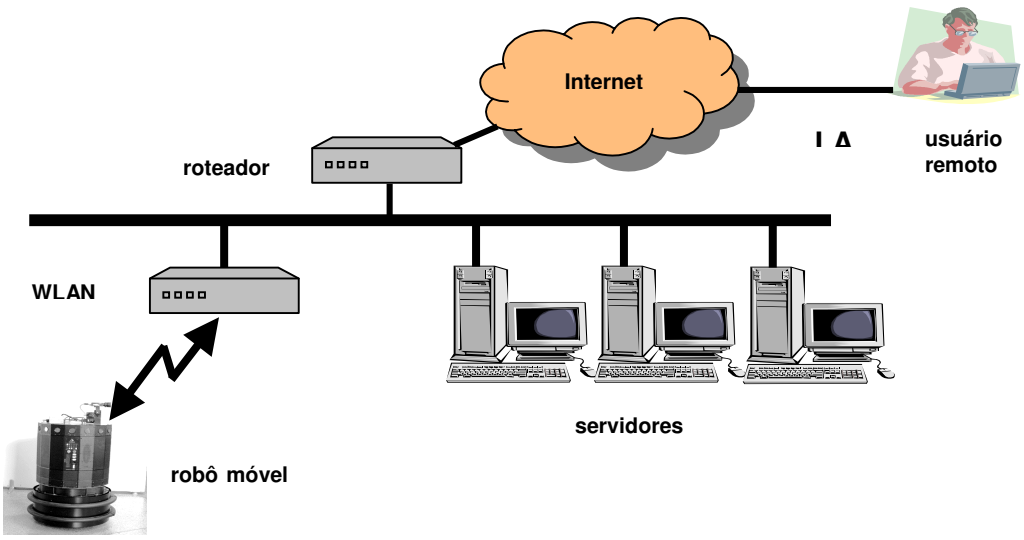


Figura 1 – Descrição esquemática do funcionamento do Laboratório REAL

O Modo Básico de interação permite duas formas de interação com o robô. Uma forma de interação é composta por um simulador de um Joystick e um mapa que mostra a posição do robô em um eixo de referências pré-estabelecido. Esta interface permite ao usuário executar comandos básicos no robô, como mover a frente e girar. Outra forma de interação permite ao usuário através de um mapa estabelecer um destino ao robô, que de posse de um sofisticado algoritmo de navegação o levará ao mesmo, desviando de possíveis obstáculos.

O Modo Avançado de interação é destinado a usuários com maiores conhecimentos de robótica. Através dele pode-se planejar e executar algoritmos complexos que exploram todas as capacidades do robô. Esses algoritmos serão enviados pelo usuário aos servidores do REAL que realizarão a compilação e, caso não existam erros, a execução dos mesmos. A execução poderá ser visualizada no *browser* do usuário através de dois fluxos de vídeo. Uma descrição mais aprofundada do Modo Básico, Avançado e do projeto como um todo pode ser encontrada em [1] e [3].

O Modo Observador de interação não permite interferência do usuário, e será abordado mais profundamente neste artigo. Este trabalho é continuação do projeto de IC CNPq/PIBIC [4], iniciado em agosto de 2001.

2. O Modo Observador de Interação

O Modo observador de interação oferece um ambiente colaborativo que permite múltiplos usuários acessarem o laboratório virtual ao mesmo tempo. Somente um usuário principal (instrutor) poderá interagir com o robô, sendo que os outros usuários (alunos) serão capazes apenas de seguir o robô com dois fluxos de vídeo com imagens oriundas do laboratório e um mapa de posição do robô, como no modo Básico de Operação. Exceto para o instrutor, a mesma interface do Modo Básico é apresentada, com as capacidades de interação desabilitadas. O instrutor poderá acessar o robô empregando o modo básico ou avançado de interação.

Para a gerência e controle da transmissão dos fluxos de vídeo do REAL até a interface dos participantes é utilizada a implementação em Java da especificação AVStreams [2]. O AVStreams é uma especificação de um *framework* proposto pelo

OMG (*Object Management Group*), cujo objetivo é oferecer o controle da transmissão de fluxos de áudio e vídeo (*streams*) em um ambiente distribuído. Um *stream* é uma seqüência contínua de quadros que são enviados de um produtor para um ou mais consumidores, isto é, o *stream* pode ser ponto-a-ponto (*peer-to-peer)* ou ponto-multiponto (*multicast)*.

O Modo Observador também possui uma sessão de comunicação de áudio com um canal de áudio *multicast* que transmite a voz do instrutor para os alunos. Além disso, foi introduzida uma interface para apresentação de material didático que pode ser visualizada na figura 2. Uma lista de slides (*URL Chooser*) é mostrada no computador do instrutor, como uma série de arquivos .GIF por exemplo. Quando o instrutor escolher um slide, um canal de eventos envia um sinal assíncrono associado a URL associada àquele link. O apresentador de slides (*URL Web Presenter*), um componente complementar instalado no computador de cada aluno, recebe uma mensagem de notificação, extrai a URL, acessa seu conteúdo via HTTP e apresenta seu conteúdo no browser do mesmo.

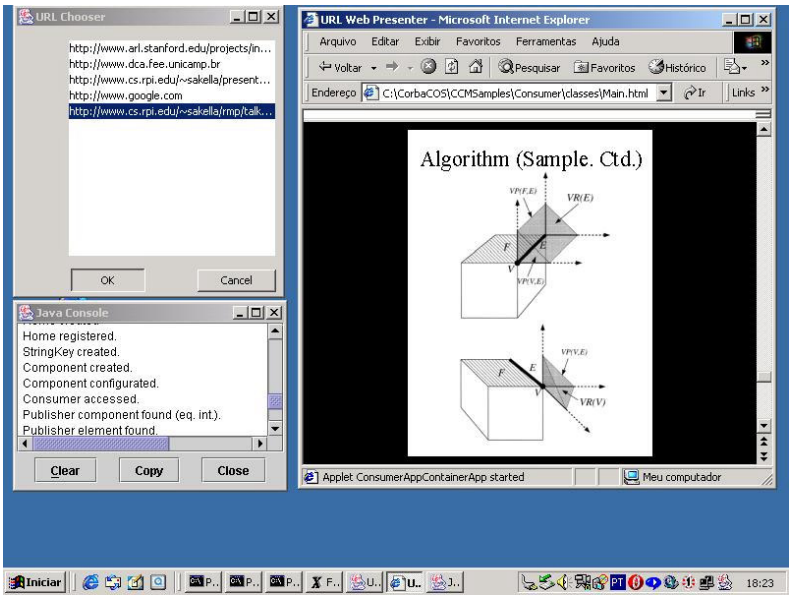


Fig. 2 – Interface de apresentação de material didático do Modo Observador.

O Modo Observador de Interação demanda comunicação multicast para áudio, vídeo e mensagens de notificação.

3. Segurança na execução dos experimentos

O REAL oferece uma infra-estrutura sofisticada para que os pesquisadores, os professores e os alunos realizem seus experimentos de robótica móvel. Para que possíveis falhas nos experimentos não afetem a integridade física do laboratório ou mesmo causem algum dano ao robô, o REAL oferece um mecanismo que monitora a execução dos experimentos. Este mecanismo funciona como um gerente de execução, ele é responsável por iniciar qualquer programa ou procedimento de movimentação do robô. Durante toda a execução de um experimento, esse programa checa se o robô não irá colidir com algum obstáculo ou se ele irá ultrapassar os limites físicos do laboratório. Caso uma destas situações seja detectada, a execução do experimento é cancelada imediatamente e o robô pára de se movimentar, evitando assim algum problema.

O programa de segurança foi inspirado no algoritmo de navegação baseado em campos potenciais[3]. O algoritmo considera que ao redor do robô existe uma área de segurança e que esta não pode ser violada por objeto algum, o que caracterizaria uma situação de perigo. O diâmetro da área de segurança é dinâmico e muda conforme muda a velocidade, isto é, quanto maior a velocidade do robô maior será a área de segurança, caso a velocidade diminua, o tamanho da mesma diminuirá. O algoritmo leva em consideração que o tempo de reação (frenagem do robô) é constante. Logo, se a velocidade aumentar, a área de segurança deverá aumentar proporcionalmente à velocidade.

O processo de frenagem do robô adotado é simples, basta que o programa que está dirigindo o robô seja cancelado para que este imediatamente pare de realizar todas as ações solicitadas por ele. Este mecanismo faz parte dos procedimentos de segurança inerentes ao robô.

4. Conclusões

O desenvolvimento de laboratórios virtuais é uma real necessidade em nosso país já que recursos para a aquisição de equipamentos no estado da arte são muitas vezes escassos nas instituições de ensino superior. Este artigo descreveu uma implementação de um laboratório virtual e seus modos de operação, com destaque para o Modo Observador, que é basicamente um modo de ensino à distância.

Pode-se concluir que este projeto de Iniciação Científica tem alcançado seu objetivo, na medida em que tem proporcionado ao bolsista contato com tecnologias emergentes em áreas até então desconhecidas pelo mesmo. O contato com outros integrantes do projeto tem trazido constante aprendizado ao bolsista, fator extremamente importante para o bom andamento do projeto.

5. Agradecimentos

Este projeto de Iniciação Cientifica tem o suporte do CNPq/PIBIC. Os autores são gratos ao CenPRA que é a instituição onde o trabalho está sendo desenvolvido, ao prof. Dr. Eleri Cardozo (FEEC/UNICAMP) pela co-orientação e aos estudantes Antonio Tadeu Maffeis (mestrado), Nicholas Okada e Bruno Gonçalves Russo (Iniciação Cientifica), que contribuíram em parte para a realização deste projeto.

6. Referências

[1] – Guimarães, E., et. al., A Virtual Laboratory for Mobile Robot Experiments, IFAC 2001, Conference Telematics Application in Automation and Robotics, Weingarten – Alemanha. Julho de 2001

[2] – Guimarães, E., et. al., Um framework de transmissão de Áudio e Vídeo para Novos Serviços de Telecomunicações, SBRC 2001 – 18º Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores, Florianópolis – SC – Brasil. Maio de 2000.

[3] – Russo, B. G., Sistemas Distribuídos Multimídia Aplicados à Robótica, Relatório Final de Iniciação Científica CNPq/PIBIC. Julho de 2001.

[4] – Okada, N., Estudo e Implementação do Componente Observador do Laboratório Virtual REAL. Relatório Semestral de Estágio de Iniciação Científica CNPq/PIBIC, Fevereiro de 2002.

Comparação de Heurísticas para Scheduling utilizando Simulação por Eventos Discretos

Rodrigo C. de Jesus; Marcius F. H. de Carvalho
Centro de Pesquisa Renato Archer
Laboratório de Tecnologia de Gestão Empresarial
Rod. D. Pedro I, Km 143,6
Campinas SP 13083-970
{rodrigo.jesus;marcius.carvalho}@cenpra.gov.br

Resumo

O objetivo desse trabalho é estudar e comparar heurísticas para minimização do tempo de produção em problemas de scheduling de manufatura. São estudados dois métodos heurísticos: Gupta e OPT-like. Para comparar os diferentes enfoques utilizaremos exemplos com várias trabalhos realizados em diversas máquinas. Serão então elaborados e executados modelos no ambiente de simulação A-SIM, com tempo determinístico, que apontarão qual o melhor scheduling em determinada situação, com resultados chegando perto da situação ótima.

Palavras chave: Simulação, Métodos Heurísticos, Scheduling.

1. Introdução

O problema de scheduling é de extrema importância para o melhor aproveitamento dos recursos de produção como destacado por Orlichy (1975). Se constitui na criação de um plano de produção ao longo de um número finito de períodos , onde a demanda para os produtos finais é conhecida e deve ser atendida atendendo as restrições de capacidade quando a recursos humanos e recursos de produção.

Este é um problema complicado principalmente quando se encontra estruturas de produção multi-níveis onde um item esta relacionado a outro por relação de precedência ou sucedência de acordo com a árvore do produto.

Do ponto de vista teórico o problema de tamanho de lote capacitado é NP-hard, dada a existência capacidades restritivas e custos de setup (Domschke et al 1993).

Dado os fatos acima este problema é largamente estudado e dois enfoques principais são utilizados: a programação inteira e as heurísticas. A programação inteira enfrenta a dificuldade da dimensão, (Stadtler, 1996). As heurísticas são aplicadas a problemas específicos às vezes apresentando bons resultados e em outros casos tendo desempenho fora do razoável. Um terceiro enfoque é a combinação da heurística com a programação linear.

O enfoque deste projeto é a comparação de heurísticas para a solução de problemas de scheduling de manufatura. Neste caso o objetivo final é a determinação da seqüência de processamento de pedidos de forma a minimizar o tempo de ciclo. O enfoque heurístico irá levar a uma solução próxima a ótima. Contudo em aplicações industriais o resultado pode ser razoável e mais facilmente entendido pelos usuários que uma programação matemática complexa.

2. Os métodos heurísticos

A função dos métodos heurísticos é calcular o melhor scheduling para minimizar o tempo inativo de máquina, assim também minimizando o tempo total de processamento de um processo com n trabalhos e m máquinas, como representado abaixo:

Tabela 1:
Representação Matricial de um Sistema Produtivo

	m1	**m2**	**m3**	**.**	**mm**
j1	a_{11}	a_{12}	a_{13}	.	a_{1m}
j2	a_{21}	a_{22}	a_{23}	.	a_{2m}
j3	a_{31}	a_{32}	a_{33}	.	a_{3m}
.	.	.	.	.	.
jn	a_{n1}	a_{n2}	a_{n3}	.	a_{nm}

Na tabela acima cada linha representa um produto j_i que deve ser processado por um determinado grupo de máquinas m, aqui representadas pelas colunas, onde m_j é a *j – ésima* máquina do processo de produção. O cruzamento de uma linha por uma coluna, representada por a_{ij}, eqüivale ao tempo de processamento de um produto j_i na máquina m_j.

Deve-se então para cada método:

- Calcular possíveis seqüências.
- Calcular o tempo inativo de máquina e o tempo total de fabricação para cada alternativa de solução.
- Selecionar a melhor seqüência obtida em cada método.

Fazendo uma comparação determina-se o melhor scheduling. Os dois métodos utilizados serão:

- **Gupta**

O método de Gupta, criado em 1972, estabelece uma relação de prioridades com a finalidade de estabelecer o melhor scheduling. Essa prioridade ð é dada por:

$$\pi = \lfloor \omega_j \rfloor / \lfloor \min_{k=1,m-1} \{ a_{jk} + a_{j,k+1} \} \rfloor$$

Onde, $ù_j = 1$ *se* $a_{j1} < a_{jm}$ e $ù_j = -1$ *se* $a_{j1} \bullet a_{jm}$

As seqüências são definidas de acordo com a ordem decrescente de ð.

- **OPT-like**

O método OPT-like busca identificar a máquina gargalo do sistema de produção flow shop e estabelecer diferentes relações entre os tempos de fabricação de cada produto até o gargalo e os tempos de fabricação após o gargalo.

Cada método segue um procedimento que pode ser tratado como uma rotina programável em ambiente computacional, assim os procedimentos poderão ser descritos em uma linguagem computacional com a finalidade de maior agilidade no processo de obtenção de scheduling. Uma vez encontrado o scheduling pelos métodos heurísticos poder-se-á utilizar o simulador A-SIM. Aqui a importância do

simulador seria validar e verificar os resultados gerados pelo uso dos métodos heurísticos. Bem como, implementar o uso de estatísticas para comparar os resultados e analisar o comportamento do processo produtivo. Novamente o scheduling pode variar e ser ou não uma boa opção dependendo das condições e modificações que permite o simulador.

3. Ambiente de Solução

Para o desenvolvimento das aplicações, será utilizado o Ambiente A-SIM que dispõe de:

- linguagem para representação de problemas intuitiva e simples
- módulos para construção de modelos e edição de gráficos
- distribuições estatísticas
- recursos para geração de relatórios e gráficos

O simulador contém os recursos básicos encontrados na maioria dos sistemas comercializados e a vantagem de, por ter sido desenvolvido no CenPRA, ser um sistema aberto e adaptável a qualquer configuração desejada

A abordagem por simulação permite a modelagem de um sistema com diversos níveis de detalhe. O processo de compreensão de um problema é facilitado através da possibilidade de introdução crescente e gradual de detalhes, sem que com isso se perca o controle do modelo. O A-SIM oferece meios para que se realize esta dinâmica de modelagem.

Permite a modelagem do fluxo de entidades (partes, peças, etc.) pelo sistema de produção ou seja a evolução dos produtos pelo processo produtivo ao mesmo tempo que considera capacidade e disponibilidade de cada recurso de produção (homem, máquina, matéria prima), e ainda, a representação de concorrência, conflito e exclusão mútua, casos largamente encontrados nos sistemas discretos de manufatura. É no final uma linguagem de representação de sistemas extremamente flexível permitindo ao mesmo tempo que o modelo seja executável.

4. Conclusões

A implementação para comparação dessas heurísticas é uma alternativa que permite dinamizar as decisões de scheduling. O simulador, com suas facilidades gráficas e computacionais, permite a resolução de conflitos por recursos, no caso máquinas, além da grande flexibilidade já conhecida da simulação. Esse trabalho possibilita completar um primeiro estudo desenvolvido no qual foram três as heurísticas pesquisadas: MIT; CDS e Palmer.

A utilização de métodos que permitem a geração de dados referentes a um sistemas produtivo, sem que exista a necessidade da experimentação física, é fator essencial para o planejamento da produção, onde se visa atingir metas em processos e redução de custos.

Neste trabalho pode-se identificar, pelo estudo das diferentes heurísticas, a possibilidade da redução do tempo de máquinas inativo num sistema produtivo flow shop, uma vez implantadas e testadas as diferentes seqüências de produção, que gera uma redução também no tempo de processamento do sistema e nos custos da produção.

5. Agradecimentos

Agradeço ao apoio e incentivo do meu orientador, Marcius F. H. de Carvalho, e a toda a equipe do LTGE. Agradeço ainda ao PIBIC/CNPq pelo financiamento e apoio a esse projeto.

6. Referências

Britan, G. B. and Yanasse, H. H. (1982), "Computational complexity of the capacitated lot size problem", Management Science 28/10, 1174-1185.

Domschke, W., Scholl, ª, and Voß, S. (1993), Produktionsplanung – Ablauforganisatorische Aspekte, Spring-Verlang, Berlin.

Kattan, I. A., (1997), Desing and Scheduling of Hybrid Multi-Cell Flexible Manufacturing Systems, International Journal of Production Research, vol.35, no.5, pp. 1239-1257, Taylor &Francis, London, England.

Morton, T. E. and Pentico, D. W. (1993), Heuristic Scheduling Systems – with application systems and project management, John Wiley & Sons, Inc., New York, USA.

Orlichy, J. A. (1975), Material Requirements Planning, New York, USA.

Stadtler, H. (1996), Mixed integer programming model formulations for dynamic multi-item multi-level capacitated lotsizing, European Journal of Operational Reseach, 94, 561-581.